Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 12 (1984)

Artikel: Les ouvrages du TGV

Autor: Gandil, Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-12161

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: 12.12.2025

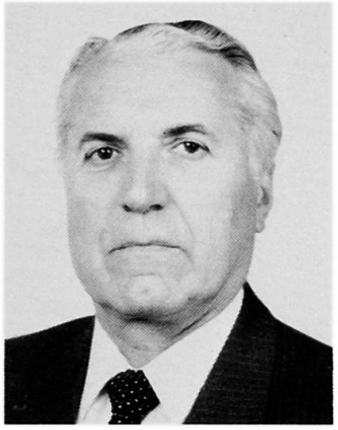
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Les ouvrages du TGV

Die Kunstbauten des TGV

Structures of the TGV

Jacques GANDIL
Chef du Département
des Ouvrages d'Art
SNCF
Paris, France



Jacques Gandil, né en 1928, obtient son diplôme d'ingénieur civil à l'ENPC, Paris. Chef de la Division des ouvrages Lignes Nouvelles à la SNCF pendant 10 ans il a suivi tout particulièrement les études des ouvrages du TGV. Il dirige depuis cette année le Département des Ouvrages d'Art.

RESUME
La Société Nationale des Chemins de Fer Français vient de construire und ligne nouvelle à très grande vitesse entre Paris et Lyon, le TGV Sud-Est, en service depuis septembre 1981 resp. septembre 1983. Le présent article donne une description des ouvrages construits sur la ligne ainsi que diverses indications sur les conditions de leur surveillance et les constatations faites après plus de deux ans d'exploitation du tronçon Sud. Il donne enfin quelques informations rapides sur le nouveau projet du TGV Atlantique de la SNCF.

ZUSAMMENFASSUNG
Die Französischen Staatsbahnen (SNCF) haben eine neue Hochgeschwindigkeitslinie zwischen Paris und Lyon gebaut: die TGV-Linie Süd-Ost. Die Abschnitte Süd und Nord sind seit 1981 bzw. 1983 in Betrieb. Der Beitrag gibt eine kurze Beschreibung der Kunstbauten und Hinweise auf deren Unterhalt. Weiter werden die in den ersten Betriebsjahren gemachten Erfahrungen aufgezeigt. Schliesslich wird noch kurz das neue Projekt des „TGV-Atlantique" vorgestellt.

SUMMARY
The French National Railways (SNCF) have recently completed a new TGV-line (High-Speed Train) between Paris and Lyon. This article describes the structures of this line, as well as maintenance requirements based upon observations after two years of operation. The article also gives information on the design of the new TGV-Atlantic line.

1 – INTRODUCTION

Le présent article se propose de donner une description rapide des ouvrages du TGV Sud-Est, de donner quelques indications sur les conditions de leur surveillance et les constatations faites après plus de deux ans d'exploitation pour les ouvrages du tronçon Sud (275 km) mis en service en septembre 1981, de dire enfin quelques mots sur les ouvrages du T.G.V. Atlantique notamment sur les tunnels qu'il est prévu de construire dont certains seront parcourus à très grande vitesse.

2 – LES OUVRAGES DU TGV SUD-EST

2.1. Généralités

Le tableau 1 ci-après donne quelques indications générales sur les 500 ouvrages construits le long des 417 km de la ligne et de ses raccordements.

TYPE D'OUVRAGES			
Ponts-rails		Ponts-routes	
Viaducs	: 8		
Sauts de mouton	: 7		
Ouvrages spéciaux	: 30	Ouvrages spéciaux	: 15
Dalles en béton armé	: 20	Ponts-dalles en béton armé à trois travées	: 160
Tabliers à poutrelles enrobées	: 25	Autres ouvrages courants	: 10
Portiques et cadres en béton armé	: 100		
Petits ouvrages en béton armé	: 120		
Buses métalliques	: 25		
Dalots	: 20		
Total ponts-rails	: 355	Total ponts-routes	: 185
QUANTITES DE MATERIAUX EMPLOYES			
Béton armé	: 150 000 m³		
Béton précontraint	: 18 000 m³	Acier par béton armé	: 15 000 t
Coffrages	: 250 000 m²	Force de précontrainte	: 200 000 tf
Poutrelles métalliques	: 3 000 t	Drains poreux	: 40 000 m²

Tableau 1 : Types d'ouvrages du TGV Sud-Est. Quantités de matériaux employés.

On peut constater que près de 90 % d'entre eux sont de type courant alors que les ouvrages spéciaux représentent en nombre à peine 10 % du total.

La figure 1 donne quelques coupes transversales types.

Du fait de l'adoption de caractéristiques géométriques spécifiques (notamment rampes maximales de 35 %) et de l'amélioration considérable des techniques en matière d'exécution de remblais de grande hauteur et de tranchées profondes, le nombre des grands ouvrages est relativement limité : 8 viaducs seulement.

2.2. Particularités de conception

D'une manière générale, la conception des ouvrages a été orientée de façon à être assurée d'une excellente fiabilité des installations.

L'exploitation intensive de la ligne s'accommoderait mal en effet de fréquentes interventions sur les ouvrages d'art. Aussi, les types d'ouvrages ont été choisis avec le double souci de réduire l'entretien et de limiter les conséquences d'une défaillance locale.

Ainsi les ouvrages types « ponts-routes » sont des ponts dalles à trois travées en béton armé, qui, tout en ménageant une bonne « transparence » pour les mécaniciens offrent une grande réserve de sécurité vis-à-vis des efforts appliqués.

Les ponts-rails courants sont généralement des cadres ou des portiques monolithiques ou des ponts-dalles massifs à une travée.

Les ouvrages de plus grande portée comportent soit des tabliers à structures mixtes rustiques (poutrelles enrobées) soit des tabliers en béton précontraint.

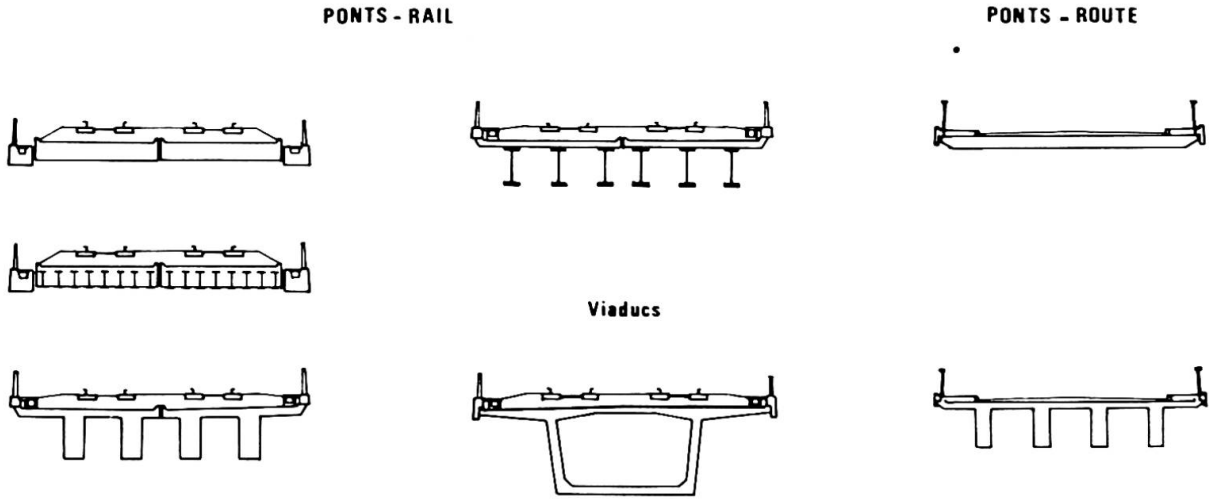


Fig. 1 Lignes TGV : coupes-types des ouvrages d'art

Certaines particularités de conception résultent directement d'autre part des effets des très grandes vitesses pratiquées (effets dynamiques, effets de souffle et effets sonores), on peut citer ainsi :

- le respect de gabarits spéciaux,
- le recours à des tabliers à déformabilité réduite, pour maîtriser notamment les phénomènes de résonance à certaines vitesses,
- la protection de la voie ferrée aux croisements fer-route : mise en place sur les ponts-routes de dispositifs prévenant la chute accidentelle de véhicules routiers et dans certains cas de dispositifs détectant les chutes de véhicules ou de leur chargement (fils détecteurs), adoption de diverses mesures pour les ponts-rails permettant de prévenir ou de limiter les conséquences de heurts de tablier par des véhicules de grande hauteur (voir figure 2).
- le traitement spécial des terrassements contigus aux culées à la transition « remblai-ouvrage » en vue d'en accélérer la stabilisation.
- enfin, le recours à des tabliers ballastés lourds (bien que la S.N.C.F. ait développé divers systèmes de pose de voie directe sur dalle) car le ballast est le matériau ayant les meilleurs qualités d'amortissement pour assurer un bon comportement dynamique de la voie aux très grandes vitesses prévues et pour les charges d'essieux des rames TGV (16,5 t) ; c'est aussi celui qui assure toutes choses égales par ailleurs, le niveau sonore le moins élevé. Une pose de voie sans ballast aurait exigé par ailleurs de multiplier les appareils de dilatation sur les voies en longs rails soudés.

2.3. Dispositions particulières propres aux ouvrages en béton précontraint. Cas des viaducs

Les viaducs ont fait l'objet de recherches de standardisation qui ont abouti, compte tenu de l'absence de trafic ferroviaire à la construction, à des structures précontraintes.

Les tabliers, à travées continues, sont généralement constitués par un caisson à deux âmes, dont l'épaisseur est de l'ordre de 1/14 de la portée et comporte des entretoises sur appuis. Les portées courantes varient de 44 à 50 m.

Les ratios sont, pour les tabliers, de l'ordre de 8 m³ de béton au mètre linéaire, avec 100 à 120 kg d'armatures passives et 50 kg de précontrainte par mètre cube de béton.

A l'exception des ouvrages de faible hauteur (viaduc de franchissement de la Saône par exemple) les piles prévues sont des piles ayant une section transversale en H. La souplesse de ces piles a permis de réduire le nombre d'appareils d'appui mobile.

Les appuis d'extrémités peuvent être des palées enterrées dans le remblai d'accès à l'ouvrage ou des culées massives en béton.

Les efforts horizontaux, qui atteignent une valeur élevée (le seul freinage représente environ 1/7 de la surcharge roulante), sont ramenés sur un appui fixe particulièrement rigide, en général une culée, par l'intermédiaire d'un appareil d'appui fixe métallique.

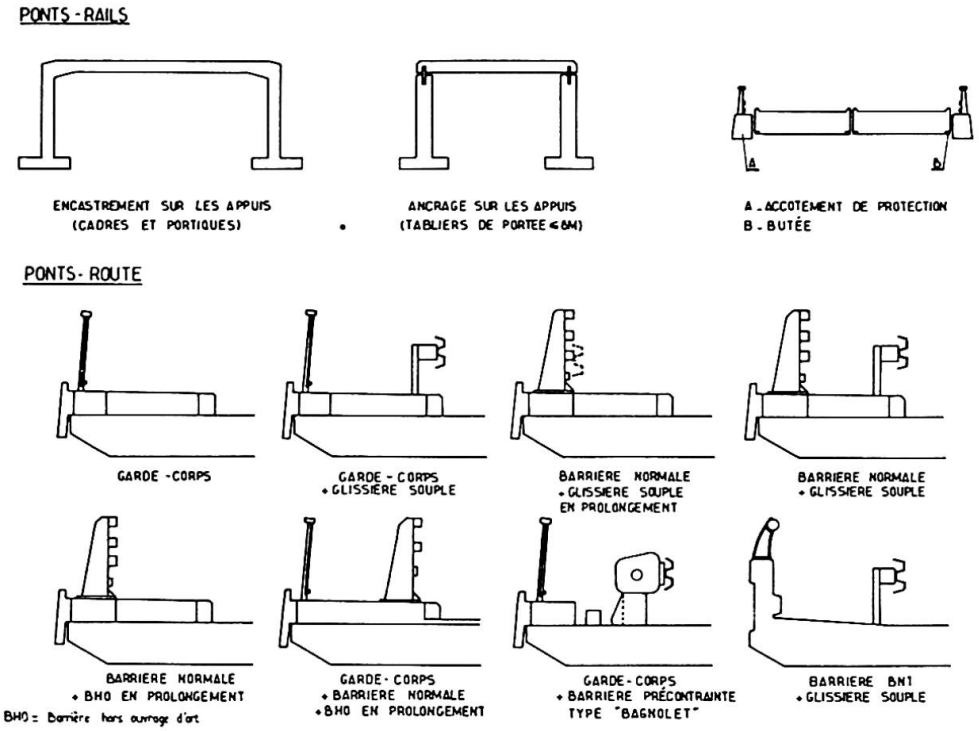


Fig. 2 Dispositifs de protection de la voie ferrée aux croissements fer-route.

Pour les viaducs de plus de 100 m de longueur dilatable, un appareil de dilatation de voie est prévu à l'extrémité côté appui mobile.

La conception des ouvrages tient compte de l'expérience des ouvrages routiers et satisfait aux prescriptions réglementaires en vigueur à l'époque de la construction. Elle satisfait en outre à un certain nombre de prescriptions complémentaires qui ont principalement pour but d'améliorer la fiabilité et la durabilité des ouvrages et qui concernent :

- les incertitudes sur le comportement des ouvrages,
- les points faibles de construction (reprises de bétonnage),
- la corrosion ultérieure des armatures,
- le remplacement des appareils d'appui.

Par exemple, dans les zones où les variations relatives de moments risquent d'être plus importantes que celles calculées, des câbles sont disposés aux fibres extérieures pour améliorer la résistance limite des sections.

Les réactions d'appui (au moins celles sur appuis extrêmes) ont été pesées et réglées à l'achèvement de la structure porteuse.

Dans les ouvrages coulés en place, les sections d'armatures sont renforcées au droit des reprises.

La tension maximale des armatures de précontrainte a été limitée entrainant ainsi une certaine diminution des risques de corrosion sous tension et corrélativement une augmentation des sections d'armatures et de la résistance limite des caissons (tension initiale ≤ 0,8 Tg ou 0,7 Rg, en général).

Les armatures sont dimensionnées pour qu'une perte de section de 30 % n'entraine pas la rupture sous surcharge majorée pondérée par le coefficient 1.3.

Par ailleurs, des bossages établis à la construction permettent la mise en œuvre d'une précontrainte complémentaire ultérieure telle que la structure satisfasse encore aux prescriptions réglementaires dans l'hypothèse où chaque armature de précontrainte d'origine aurait perdu 15 % de sa section.

Enfin, les appuis sont aménagés pour permettre le vérinage des tabliers et le remplacement des appareils d'appui.

La plupart des viaducs importants ont été construits par le procédé du poussage.

Ce procédé, en localisant les opérations délicates de construction du tablier sur une aire pouvant être aménagée confortablement à l'arrière d'une culée, est favorable à l'obtention d'une bonne qualité d'exécution des tabliers.

Avec les précautions énumérées plus haut, il concourt à doter les ouvrages de la fiabilité exigée par l'importance et la qualité du trafic que doit supporter la ligne nouvelle.

3 – LA SURVEILLANCE DES OUVRAGES

Outre les mesures classiques de surveillance (visites annuelles, inspections détaillées, visites spéciales éventuelles) les ouvrages de la ligne font l'objet de mesures spécifiques de surveillance. Ces ouvrages sont en effet soumis à des charges d'exploitation de caractéristiques particulières, plus agressives, pour certains ouvrages, de par la vitesse pratiquée (270 km/h) et la distribution répétitive des charges d'essieux (voir fig. 3) que celles sur lignes classiques.

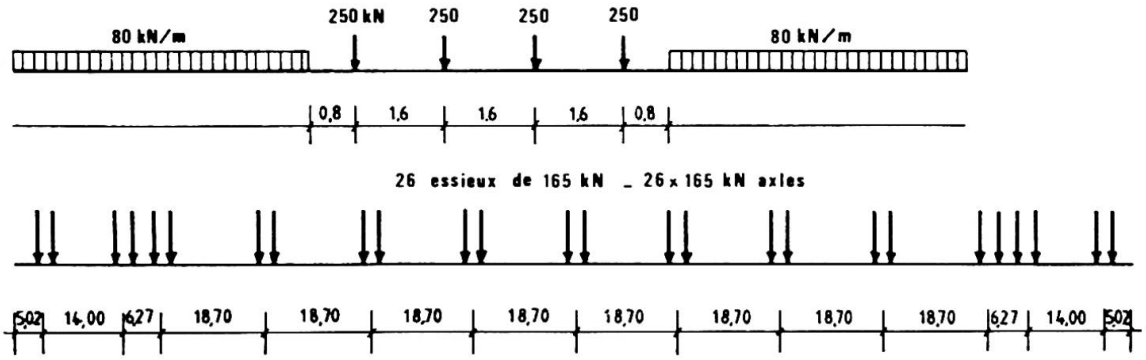


Fig. 3 Les schémas de charge UIC et TGV SUD EST

Des mesures spécifiques de surveillance ont donc été prises : surveillance spéciale d'analyse de comportement d'ouvrages courants, instrumentations particulières des grands ouvrages.

3.1. Surveillance spéciale pour analyse de comportement d'ouvrages courants

Certains tabliers isostatiques, classés par familles, ont fait l'objet d'une surveillance particulière : ponts à poutrelles enrobées, dalle en béton armé, tabliers bi-poutres en béton armé, de façon à suivre leur comportement sous charge d'exploitation et essayer d'apprécier leur plus ou moins grande sensibilité au vieillissement.

Les tabliers qui, dans chaque famille, apparaissaient comme les plus sensibles du fait de leurs caractéristiques (portées, fréquence propre, moindre amortissement) à l'agression des charges d'exploitation, ont ainsi été retenus, soit une vingtaine en tout.

Ces tabliers ont fait l'objet d'une inspection détaillée après deux ans d'exploitation et de diverses campagnes de mesures : flèches statiques et dynamiques, relevés d'accélération aux passages des circulations à vitesses différentes avec diverses compositions de rames : rame simple, rames doubles (voir figure 4).

3.2. Instrumentation particulière des grands ouvrages

Les dispositions classiques prévues pour assurer la surveillance ont été renforcées par un certain nombre de dispositions particulières :

- les massifs d'appui des piles et culées sont équipés de quatre repères permettant grâce à des nivellements de haute précision d'apprécier tout mouvement de fondations.
- les caissons sont équipés, dans toutes les travées, de jauges à cordes vibrantes (témoins COYNE), à mi-travée et sur appui, de façon à déceler toutes anomalies éventuelles dans la répartition des efforts;
- des repères de nivellement sont installés en divers points des tabliers de façon à apprécier leurs déformations sous charges statiques.

Il est prévu d'effectuer des inspections détaillées plus nombreuses en début d'exploitation que sur lignes classiques : une inspection chaque année pendant les deux premières années puis cycle d'inspection détendu progressivement par la suite pour en arriver au cycle normal de cinq ans.

Les principaux contrôles effectués sont : les examens visuels avec relevés, identification et marquage des fissures éventuelles, les mesures de contraintes (relevés bi-annuel des témoins COYNE), les nivellements des massifs d'appui et des tabliers, l'examen visuel et relevé des déformations des appareils d'appuis et joints de dilatation, l'examen du comportement de la voie et des divers éléments d'équipements au passage des circulations.

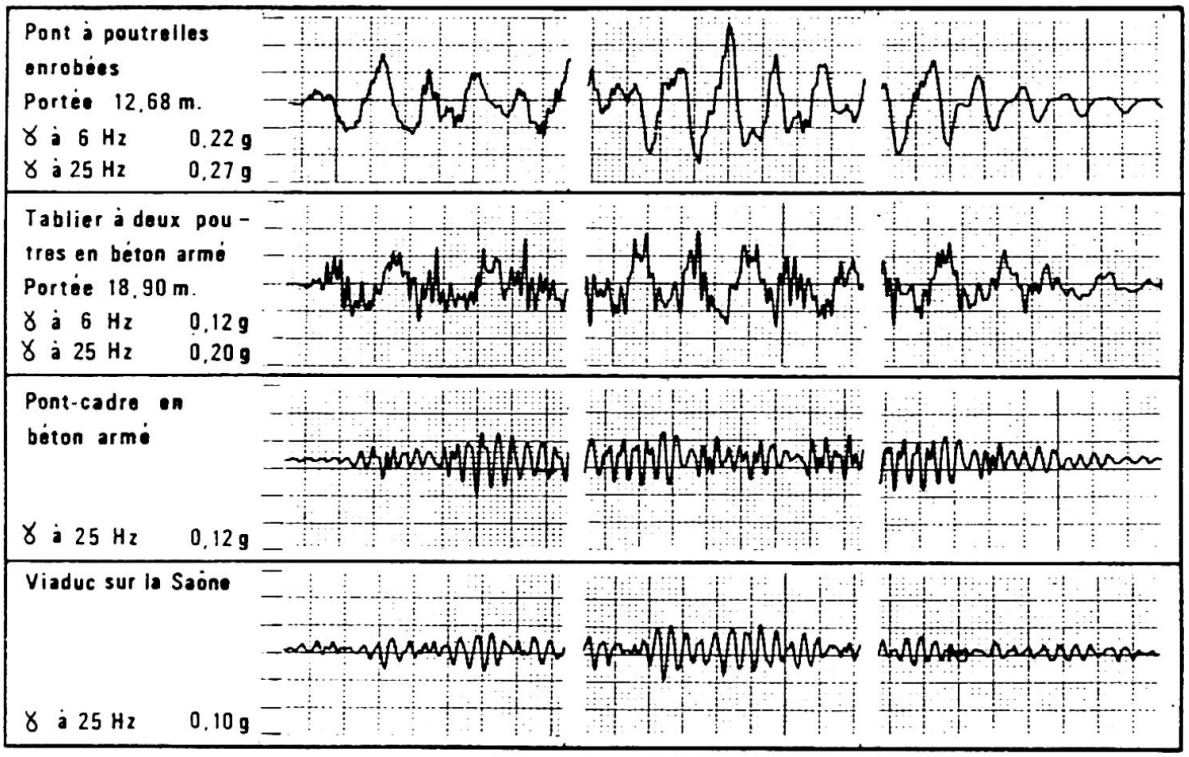


Fig. 4 Mesures d'accélération sur divers types d'ouvrages

Les résultats de mesures des témoins COYNE sont stockés en mémoires avec l'ensemble des mesures effectuées lors des relevés précédents puis traités informatiquement de façon, après avoir éliminé les phénomènes parasites liés aux fluages, retrait, relaxation, effets de la température et des gradients, etc..., à faire apparaître l'évolution des contraintes sous « charges permanentes + effet de précontrainte ».

Outre les diverses mesures exposées ci-avant, des mesures d'accélération ont été faites en certains points des tabliers pour apprécier les comportements vibratoires et leurs évolutions comme pour les petits ouvrages (voir figure 4).

4 – BILAN DES INSPECTIONS ET MESURES

Les diverses visites, inspections et mesures effectuées ont démontré que les ouvrages se comportaient de façon satisfaisante au passage des circulations, que les régimes vibratoires qui s'installaient étaient tout à fait compatibles avec une bonne tenue de la voie portée et a priori avec une bonne durabilité des structures.

Les ouvrages qui s'avèrent les plus sensibles au passage des circulations sont les ponts à poutrelles enrobées isostatiques, ce qui est très logique, du fait en général de leur moindre fréquence propre et de leur très faible coefficient d'amortissement.

Les campagnes de mesures systématiques visées en 3.1. ci-dessus ont montré une certaine évolution des ces tabliers, tout au moins pour ceux qui étaient les moins rigides, avec perte d'inertie, réduction concomitante de fréquence propre et par suite un état vibratoire moins satisfaisant au passage des circulations.

Une telle perte d'inertie n'a rien de surprenant. Sous l'action des circulations des effets de fatigue, des dégradations de natures diverses, le réseau de fissurations qui s'établit dans la partie tendue du béton devient plus dense, l'adhérence entre béton et poutrelles devient moins ténue, il en résulte une perte d'inertie. Ceci n'est pas nouveau et existe pour les ponts sur lignes classiques. On pourrait penser toutefois que, pour les lignes TGV où l'état vibratoire induit dans les tabliers par les circulations est nettement plus accentué que sur les lignes classiques, l'évolution de ce type de tablier soit plus précoce et plus profonde. C'est pourquoi un suivi particulier de quelques ouvrages de ce type est fait à l'aide de mesures de flèches statiques sous trains d'épreuve et de mesures d'accélération au passage des circulations.

Les mesures effectuées à ce jour montrent des évolutions variables selon les tabliers contrôlés avec apparition de stabilisation après des pertes d'inertie de 20 % en moyenne.

Pour les grands ouvrages, les mesures d'accélération et de contraintes effectuées font apparaître un comportement tout à fait normal. Une fois neutralisés les effets de fluage ainsi que ceux de la température, les contraintes sous « poids propre + précontrainte » n'évoluent pratiquement pas. La figure 5 donne un exemple d'évolution au droit d'une section de caisson.

Quatre éléments supplémentaires sont à ajouter au constat ci-dessus :

- aucun tassement différentiel significatif n'a altéré la qualité du nivellement de la voie aux abords des ouvrages, le traitement spécial des terrassements contigus aux culées évoqué en 2.2. ci-avant ayant correctement joué son rôle;
- les appareils de dilatation de la voie sur les viaducs ont donné lieu dans les premiers temps à des reprises de nivellements supplémentaires. Une amélioration de leur conception et l'utilisation d'un métal en nuance dure ont apporté une solution satisfaisante;
- malgré toutes les dispositions prises du point de vue tracé, visibilité, hauteur libre dégagée, un certain nombre de tabliers ont été heurtés par des véhicules routiers hors gabarit réglementaire. Grâce aux accotements de protection et au blocage des tabliers par butées aucun déplacement n'a été constaté.
- aucune chute de véhicules ou de leur chargement n'a eu lieu depuis un pont-route malgré quelques heurts des barrières de sécurité.

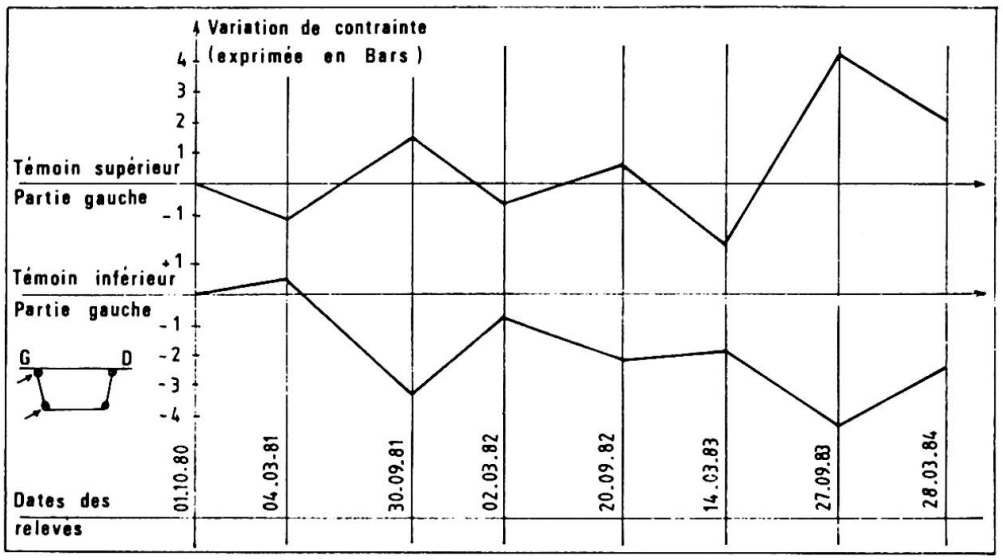


Fig. 5 Viaduc de la Digoine : variations des contraintes en milieu d'une travée

5 – UN NOUVEAU PROJET DE LA S.N.C.F. : LE TGV ATLANTIQUE

Devant la réussite commerciale que représente le TGV Sud-Est, le Gouvernement Français a autorisé la S.N.C.F. à entreprendre les travaux d'un nouveau projet intéressant 290 km de ligne destiné à relier la Région Parisienne et l'ensemble de la façade Atlantique de la Bretagne aux Pyrénées.

Pour ce qui concerne les ouvrages d'art, étant donné le bilan très positif exposé ci-avant, les conceptions et les méthodes d'exécution retenues pour le TGV Sud-Est seront reconduites pour l'essentiel.

Afin de réduire tout risque de phénomènes vibratoires un plus grand recours sera fait cependant aux ouvrages hyperstatiques ou aux tabliers à fréquence propre élevée.

Il convient de noter cependant que, en raison de l'adoption de caractéristiques géométriques réduites (rampes maximales de 15 ‰ – exceptionnellement 25 ‰) et la nécessité de « s'enterrer » en zones urbanisées, dans la proche banlieue parisienne en particulier, la construction d'importants ouvrages souterrains est prévue :

- 4 tunnels d'une longueur cumulée de 7 200 m, dont un de 4 800 m de long, comportant deux tubes à 1 voie,
- 5 tranchées enterrées d'une longueur cumulée de 6 100 m.

En outre 15 viaducs ou estacades, totalisant environ 5 100 m sont prévus soit une quantité plus de deux fois supérieure à celle rencontrée sur le TGV Sud-Est.

Certains des souterrains devant être parcourus à grande vitesse, la S.N.C.F. a développé tout un programme d'études et d'essais afin de maîtriser le mieux possible les problèmes divers liés à la pénétration et au franchissement de souterrains de grandes longueurs à très grandes vitesses.