

# Une innovation pour les ouvrages ferroviaires

●●● LA TECHNIQUE DES POUTRES PRÉCONTRAINES PAR ADHÉRENCE, PLUS COMMUNÉMENT APPELÉES “PRAD”, VIENT ENFIN DE FAIRE SON ENTRÉE SUR LE RÉSEAU FERROVIAIRE FRANÇAIS. CINQ PONTS-RAILS SONT EN COURS DE CONSTRUCTION DANS LE CADRE DE LA RÉALISATION DE LA LIGNE À GRANDE VITESSE EST EUROPÉENNE. L’ADOPTION DE CETTE TECHNIQUE EST LE FRUIT D’UN LONG PROCESSUS D’ANALYSES, D’ÉTUDES ET D’ESSAIS QUI A CONFIRMÉ L’INTÉRÊT ÉCONOMIQUE DU PRINCIPE “PRAD” POUR LES OUVRAGES FERROVIAIRES DE RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE.



1



2

**C**'est presque une révolution. Cinq ouvrages de la nouvelle ligne à grande vitesse Est européenne adoptent la technique des poutres précontraintes par adhérence dites "PRAD". Pour Réseau ferré de France (RFF<sup>1</sup>), maître d'ouvrage des opérations, l'approche est inédite. En effet, si la technique PRAD est souvent utilisée pour la construction d'ouvrages routiers et autoroutiers, deux cas seulement ont été recensés dans le domaine ferroviaire. Datant de 1946, ces ouvrages à poutres précontraintes par adhérence sont situés dans le secteur d'Achères (78). Jusqu'à aujourd'hui, ils constituaient les seuls exemples de ce type, sur un total de 29 200 ponts-rails en France. "Les sollicitations auxquelles sont soumis les ouvrages ferroviaires, en particulier ceux du réseau à grande vitesse, sont autrement plus importantes que les efforts appliqués sur les ponts routiers", rappelle en substance Gérard Lebailly, expert technique à RFF. Une contrainte qui imposait l'application du principe de précaution dans l'attente d'essais et

de calculs permettant le dimensionnement et la vérification de cette famille d'ouvrages de franchissement. "Le premier pont à voussoirs sur une ligne TGV n'est autre que le double viaduc d'Avignon sur la LGV Méditerranée", avoue Gérard Lebailly. Ce qui prouve bien que l'opérateur ferroviaire français n'est pas opposé aux technologies modernes, mais seulement prudent vis-à-vis d'elles.

### ● Analyse de la valeur

L'évolution de la solution PRAD trouve son origine au milieu des années quatre-vingt-dix. À l'époque, la SNCF a mené une étude approfondie sur la standardisation d'ouvrages d'art courants tels

➤➤➤ **1** Les poutres PRAD présentent un profil en I avec un épaissement rectangulaire aux abouts, nécessaire pour la reprise des efforts tranchants. **2** Le tablier double voie du lot 12 compte treize poutres PRAD contre sept sur les tabliers monovoie du lot 18. **3** Préfabriquée en usine, chaque poutre PRAD est acheminée par la route puis mise en place à l'aide d'une grue mobile. **4** Pendant toute la phase de construction, les poutres sont posées sur des appuis provisoires : boîtes à sable ou crics.

que les ponts-rails, dont la fabrication n'avait jusqu'alors bénéficié d'aucune industrialisation. La réflexion s'est organisée autour de la méthode "d'analyse de la valeur". L'objectif était d'améliorer les conditions de réalisation, de raccourcir les délais d'études et de travaux et de réduire le coût global des lignes nou-

velles en y incluant les frais liés à la surveillance, à la maintenance et à la réparation des ouvrages d'art.

Après avoir confirmé l'intérêt économique d'ouvrages constitués de poutres PRAD, la SNCF a confié à la Fédération de l'Industrie du Béton (FIB) et au Centre d'Études et de Recherche de l'Industrie



➤➤➤ Le viaduc du lot 12, qui permettra le franchissement de la vallée de la Théroutte, se développe sur une longueur de 322,42 m. Il est supporté par une série de treize piles.

1. L'entité RFF (Réseau ferré de France), qui assure la construction et l'entretien des lignes ferroviaires, a été créée en 1997.



3



4

du Béton (CERIB) le soin de réaliser des essais statiques, dynamiques, de fatigue et de rupture sur des ponts-rails intégrant ce type de structure. *“Le cahier des charges de l’opérateur ferroviaire exigeait des ouvrages multitravée hyperstatiques”*, souligne Pierre Passeman, ingénieur au département conception des ouvrages du CERIB.

#### ● 50 millions de cycles

Les ouvrages ferroviaires PRAD ont été validés par un essai de comportement sous effet dynamique qui a été réalisé pendant 72 jours sur un pont-rail test composé de deux travées de 5,35 m mises en continuité. *“Nous avons soumis le corps d’épreuve à une série de 50 millions de cycles, correspondant à une durée de service pour l’ouvrage de 100 ans”*, résume Pierre Passeman. Les résultats des essais ont démontré un très bon comportement en service et à la fatigue ainsi qu’une sécurité structurelle satisfaisante : la résistance à la rupture est 2,8 fois supérieure aux contraintes appliquées en service.

Le principe validé, la SNCF a souhaité pousser plus avant sa réflexion afin de quantifier précisément l’économie glo-

bale de la solution PRAD. Pour ce faire, elle a passé commande d’un outil d’aide à la conception de tabliers de ce type auprès du CERIB. André de Chefdebien, ingénieur au CERIB, a coordonné cette étude paramétrée dont Pierre Passeman a assuré la réalisation pendant une année complète. *“RFF dispose à présent d’un guide de dimensionnement complet des ouvrages PRAD réunissant près de deux cents ponts-rails, résume Pierre Passeman. Ces ouvrages sont constitués de une à six travées dont les longueurs unitaires varient de 12 à 30 m pour une longueur totale de tablier toujours inférieure à 90 m.”*

#### ● Mise en application sur une ligne à grande vitesse

Cette trame particulière équivaut à la longueur des rails utilisés pour la construction de lignes à grande vitesse au niveau des ouvrages. Dans le concept, il n’y a pas de continuité de la précontrainte, mais une entretoise et un hourdis en béton armé qui solidarissent les poutres successives, au nombre de sept ou treize en fonction de la largeur transversale du tablier (une ou deux voies). Côté structure, RFF a figé son choix sur

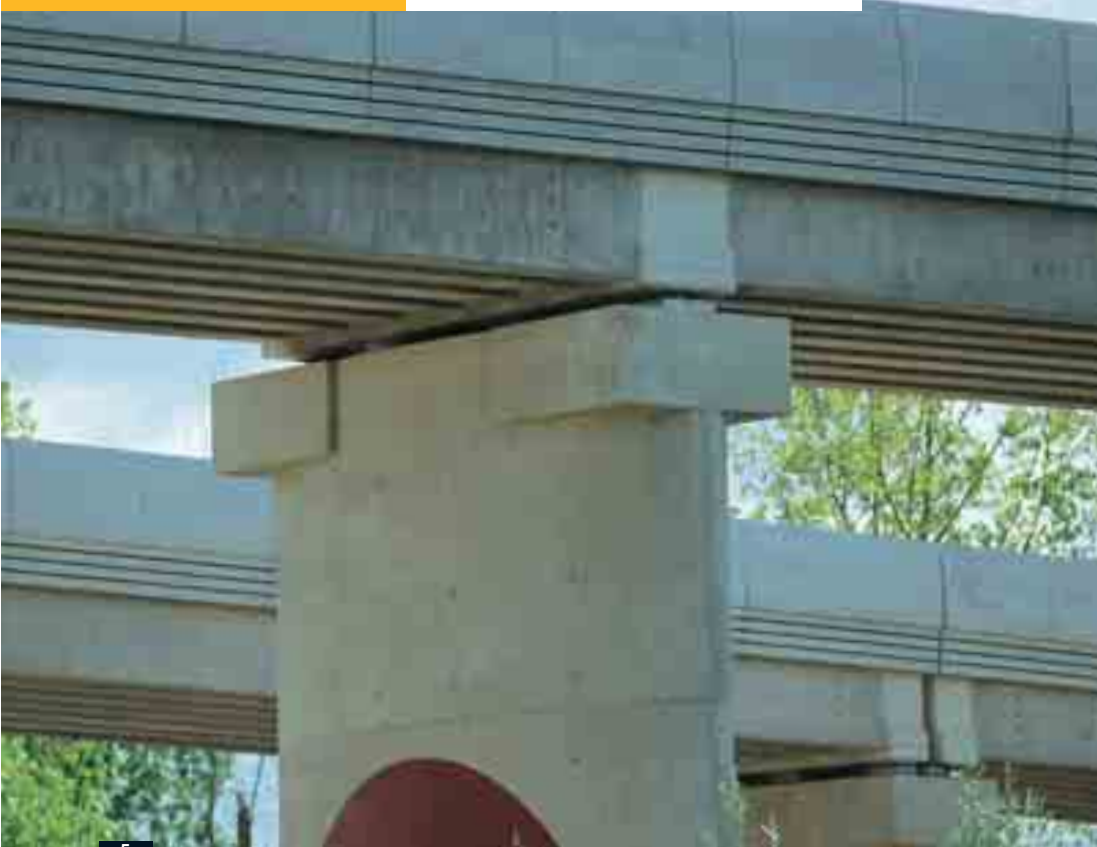
### TECHNIQUE

## Les ponts PRAD routiers et autoroutiers

**À l’heure actuelle, seulement deux tabliers à poutres PRAD sont référencés sur le réseau ferré français. La technique constitue pourtant une solution classique pour la réalisation de ponts routiers et autoroutiers pour des portées comprises entre 10 à 35 m. Dans ce cas, les poutres PRAD présentent un espacement de 80 cm à 1 m, et le hourdis une épaisseur comprise entre 18 et 22 cm. Les poutres PRAD conviennent aussi pour la réalisation de la couverture supérieure de tranchées couvertes ou de couvertures phoniques. Les ouvrages cadres ou les portiques peuvent aussi bénéficier de cette technique. Dans ce cas, l’extrémité des poutres est noyée dans les voiles verticaux. Côté dimensionnement, le concepteur dispose d’une liberté totale. Il est possible d’optimiser le nombre de poutres, leur espacement, leur hauteur, et de jouer sur l’épaisseur du hourdis, ainsi que sur la longueur des travées. Enfin, deux types de sections de poutres sont couramment utilisés : rectangulaires ou en I, avec ou sans blochet.**

des bétons de classe de résistance C 60/75 permettant d’optimiser la géométrie des poutres et donc de concevoir des tabliers plus élancés. La hauteur totale “poutres + hourdis” est ainsi limitée à 1,62 m dans le cas de travées, toutes identiques, de 22,50 m. La dernière étape franchie, il ne restait plus qu’à mettre en

application cette solution sur une ligne à grande vitesse. Chose aujourd’hui en cours sur le chantier de la LGV Est européenne où deux lots voient la réalisation d’ouvrages intégrant dans leur tablier des poutres précontraintes par adhérence. Situé près de Meaux (77), le lot 12 comprend le viaduc de franchissement de



5



6

### >>> 5 Au droit de chaque pile, une entretoise de continuité

de 1,20 m de large permet la reprise des efforts tout en assurant

l'hyperstaticité du tablier. 6 Les quatre estacades du lot 18

présentent une longueur cumulée de 1 146 m.

la vallée de la Théroanne. "Ici, la technique PRAD trouve sa parfaite justification compte tenu d'un environnement marécageux où il était difficile de mettre en place des étalements lourds", résume Yves Coquel, chef de ce lot pour la maîtrise d'œuvre SNCF. En même temps, la construction respecte la loi sur l'eau qui limite les emprises de travaux, c'est-à-dire un hectare au total pour les besoins d'accès du site de la Théroanne.

#### ● Des tabliers hyperstatiques

Surplombant de 8 m au maximum la vallée, le viaduc se développe sur une longueur de 322,42 m. Il est supporté par une série de treize piles. Pour respecter le cahier des charges établi par RFF, il compte quatre tabliers hyperstatiques séparés par des joints de dilatation : 89,475 m (3 x 22,50 m + 21,975 m) ; 90 m (4 x 22,50 m) ; 67,50 m (3 x 22,50 m) et 66,975 m (2 x 22,50 + 21,975 m). "Un ouvrage de type cadre de 8,47 m de long s'inscrit

dans la continuité directe du viaduc", précise Yves Coquel. Considéré comme une culée creuse, il assure le rétablissement du chemin rural dit "des Vaches". La section transversale des tabliers est constituée de treize poutres PRAD de 1,35 m de hauteur et surmontées d'un hourdis en béton armé de 27 cm coulé en place sur plaques de "bois-ciment". Au droit de chaque appui, une entretoise de continuité de 1,20 m de large permet la reprise des efforts tout en assurant l'effet hyperstatique. Seules exceptions, les entretoises implantées au niveau des joints de dilatation : elles se divisent en deux éléments de 80 cm séparés d'un vide de 25 cm. "L'un des avantages de la technique PRAD hyperstatique est de permettre la réduction du nombre d'appareils d'appui", souligne Yves Coquel. En transversal sur ce viaduc, il n'y en a que sept pour treize poutres."

À Claye-Souilly (77), le lot 18 constitue le carrefour d'interconnexion avec la ligne ferroviaire reliant les réseaux TGV Nord, Méditerranée et Atlantique. Com-

plexe, ce lot compte dix-huit ouvrages différents, dont les estacades contiguës qui permettent la traversée de la vallée de la Beuvronne en majeure partie constituée d'un marais protégé. Au nombre de quatre, ces estacades présentent des longueurs respectives de 135 m, 310,24 m, 404,48 m et 296,48 m, soit un développé de 1 146,20 m. Comme pour le viaduc de la Théroanne, leurs tabliers sont divisés en tronçons ne dépassant pas les 90 m entre joints, avec un maximum de travées standards de 22,50 m de long. Les entretoises de continuité, larges de 1,20 m, sont hautes de 1,62 m, tout comme l'ensemble "poutres + hourdis". Chaque tablier supporte une seule voie ferrée, d'où leur section transversale réduite à sept poutres PRAD et un nombre d'appareils d'appui limité à quatre par pile.

La technique de construction utilisant des éléments préfabriqués offre plusieurs avantages (maîtrise des délais et des coûts, aspect de parement...). Et Gérard Lebaillly de conclure : "Les tabliers à poutres PRAD peuvent à présent être considérés comme une solution supplémentaire intégrée au catalogue des ponts types de RFF." ■

TEXTE ET PHOTOS : ANTOINE VAVEL



**Maître d'ouvrage :**  
Réseau Ferré de France  
(RFF)

**Maître d'œuvre :**  
groupement SNCF-Arcadis

**Entreprises :**  
**Lot 12 :**  
GTM Terrassement,  
Deschiron, Campenon Bernard,  
Chantiers Modernes,  
Weiler, Eurovia et  
GTM génie civil.

**Lot 18 :**  
Eiffage (mandataire),  
Fougerolle Ballot,  
Appia Est et Eiffel.

**Coût des travaux**  
(terrassements et génie civil) :

**Lot 12 :**  
80,5 M€

**Lot 18 :**  
64 M€