

PROJET FERROVIAIRE À GRANDE VITESSE DE BEIJING TIANJIN : LA PREMIÈRE LIGNE FERROVIAIRE À GRANDE VITESSE EN CHINE

BEIJING TIANJING HIGH SPEED RAILWAY PROJECT: THE FIRST HIGH SPEED RAIL LINE IN CHINA

Ivan WOUTS, Philippe MOINE

SYSTRA

1. INTRODUCTION

En 2005, la Société de Ligne de Transport ferroviaire Interurbaine de Beijing Tianjin a attribué un contrat pour la consultation des travaux d'ingénierie au groupement CARS – Premier Institut d'Etudes Ferroviaires - et SYSTRA pour la première ligne ferroviaire à grande vitesse en Chine, de Beijing à Tianjin.

Cet article concerne le génie civil. Le cahier des charges comprend la consultation technique et la supervision générale de la construction.

2. DÉVELOPPEMENT D'UN RÉSEAU FERROVIAIRE À GRANDE VITESSE EN CHINE

Le Ministère Chinois des Chemins de Fer prévoit de construire 12 000 km de lignes ferroviaires à grande vitesse, avec une limitation de vitesse supérieure à 200 km/h, avant 2020 (figure 1).

Quatre lignes nord-sud :

- Ligne Beijing-Harbin via Tianjin, Qinhuangdao, Shenyang. Embranchement : Shenyang-Dalian.
- Ligne Beijing-Shanghai via Tianjin, Jinan, Xuzhou, Bengbu, Nanjing. 350 km/h
- Ligne Beijing-Hong Kong via Shijiazhuang, Zhengzhou, Wuhan, Changsha, Guangzhou, Shenzhen, infrastructure conçue pour des futures mises en service à 350 km/h
- Ligne Shanghai-Shenzhen via Hangzhou, Ningbo, Wenzhou, Fuzhou, Xiamen; la portion Shanghai-Hangzhou-Ningbo est conçue pour 350 km/h, le restant est conçu pour 200-250km/h (à la fois pour le transport de passagers et de marchandises).

1. INTRODUCTION

In 2005, The Beijing Tianjin Intercity Rail Transport Line Company awarded a contract for engineering consultation to the joint venture CARS-First Railway Design Institute-SYSTRA on the first high speed railway line in China from Beijing to Tianjin.

This article focuses on the civil works. The scope of work included technical consultation and general supervision of the construction.

2. DEVELOPMENT OF A HIGH SPEED RAILWAY NETWORK IN CHINA

The Chinese Ministry of Railways plans to construct 12,000 km high-speed railways with speed limit greater than 200km/h by 2020 (figure 1).

Four north-south lines:

- *Beijing-Harbin Line via Tianjin, Qinhuangdao, Shenyang. Branch: Shenyang-Dalian.*
- *Beijing-Shanghai Line via Tianjin, Jinan, Xuzhou, Bengbu, Nanjing. 350 km/h*
- *Beijing-Hong Kong Line via Shijiazhuang, Zhengzhou, Wuhan, Changsha, Guangzhou, Shenzhen, infrastructure designed for future operations at 350 km/h*
- *Shanghai-Shenzhen Line via Hangzhou, Ningbo, Wenzhou, Fuzhou, Xiamen; Shanghai-Hangzhou-Ningbo part is designed for 350 km/h, rest is designed for 200-250 km/h (both passengers and freight).*

Quatre lignes est-ouest :

- Ligne Qingdao-Taiyuan via Jinan, Shijiazhuang, Shijiazhuang, la ligne Taiyuan est conçue pour 200~250 km/h (à la fois pour le transport de passagers et de marchandises), les autres lignes sont conçues pour 200~250 km/h (passagers)
- Xuzhou-Lanzhou via Zhengzhou, Xi'an, Baoji, Rails 350 km/h
- Shanghai-Chengdu Line, via Nanjing, Hefei, Wuhan, Chongqing; Shanghai-Nanjing est une section de la ligne de Beijing-Shanghai avec voies de 350 km/h, la ligne de Nanjing-Chengdu est conçue pour 200~250 km/h à la fois pour le transport de passagers et de marchandises; le tronçon Chongqing-Chengdu est conçu pour 350 km/h
- Hangzhou-Nanchang-Changsha, 350 km/h

Four east-west lines:

- Qingdao-Taiyuan Line via Jinan, Shijiazhuang, Shijiazhuang, Taiyuan line is designed for 200~250 km/h (both passengers and freight), others are designed for 200~250 km/h (passengers)
- Xuzhou-Lanzhou via Zhengzhou, Xi'an, Baoji, Tracks 350 km/h
- Shanghai-Chengdu Line, via Nanjing, Hefei, Wuhan, Chongqing; Shanghai-Nanjing is section is part of Beijing-Shanghai line with 350 km/h tracks, Nanjing-Chengdu line is designed for 200~250 km/h for both passengers and freight; Chongqing-Chengdu section is designed for 350 km/h
- Hangzhou-Nanchang-Changsha, 350 km/h

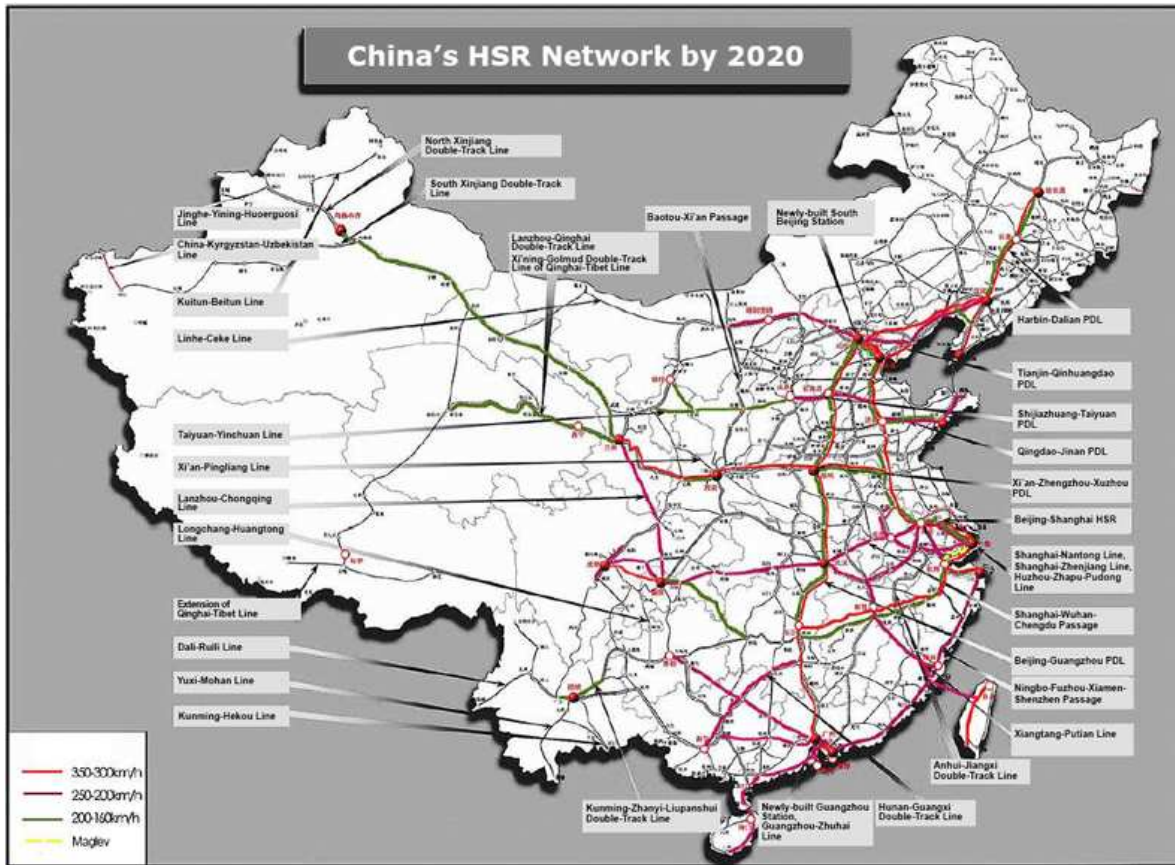


Figure 1 : Réseau LGV de la Chine en 2020 / China's HSR Network by 2020

3. DESCRIPTION DE LA LIGNE FERROVIAIRE DE BEIJING TIANJIN

3. DESCRIPTION OF BEIJING TIANJIN RAILWAY LINE

La ligne s'étend de la station sud de Beijing à la station Tianjin (figure 2).

The line extends from Beijing south station to Tianjin station (figure 2).

Les principales caractéristiques de la ligne sont:

- Longueur : 116 km
- Durée du trajet: 30 minutes
- Gares: Beijing South, YiZhuang, WuQing, Tianjin. Une gare supplémentaire de YongLe est prévue
- Vitesse d'exploitation : 350 km/h
- Vitesse de conception: 350 km/h
- Type de train: CRH2 à 300 km/h et CRH3 à 350km/h
- Ecartement de voie: 1435 mm
- Electrification: 2x25kV 50Hz
- Fabricant système: Siemens

The main characteristics of the line are:

- Length: 116km
- Journey duration: 30 minutes
- Stations: Beijing South, YiZhuang, WuQing, Tianjin. One additional station YongLe is planned
- Operating speed: 350km/h
- Design speed: 350km/h
- Train type: CRH2 at 300km/h and CRH3 at 350km/h
- Track gauge: 1435mm
- Electrification: 2x25kV 50Hz
- System manufacturer: Siemens



Figure 2 : Ligne ferroviaire Beijing Tianjin (en rouge) / Beijing Tianjin railway line (in red color)



Figure 3 : Train CRH circulant sur le viaduc / CRH train running on the viaduct

4. CONTEXTE BEIJING TIANJIN

L'achèvement d'une ligne ferroviaire à grande vitesse de 120 km en moins de 3 ans a été un réel défi. Dans le cas du projet Beijing Tianjin, le service commercial a été planifié pour être en phase avec les Jeux olympiques de 2008.

Cela a été réalisé avec succès. Le premier train a été mis en service commercial à 350 km/h le 1er août 2008 (figure 3).

Les étapes importantes du projet sont :

- 04.2003 : Le projet est lancé. Le Troisième Institut d'Etudes Ferroviaires est en charge de la conception.
- 01.2004 : Le rapport de faisabilité est soumis pour approbation au comité d'état du développement.
- 09.2004 : Le projet est approuvé par le comité.
- 01.2005 : L'étude préliminaire du tronçon de Tianjin est finalisée. Le Ministère des Chemins de Fer (MOR) a fait l'évaluation intermédiaire.
- 07.2005 : Le MOR, les villes de Beijing et de Tianjin organisent une réunion pour le démarrage du projet.
- 01.2006 : Les plans des viaducs et des terrassements ainsi que les plans de construction préliminaires pour les gares/stations sont finalisés.
- 12.2007 : Fin de la pose des rails.
- 02.2008 : Début des essais et de la mise en service
- 06.2008 : Le train CRH3 atteint 394.3 km/h lors d'un essai
- 08.01.2008 : La ligne est officiellement mise en service commercial à 350 km/h.

5. DESCRIPTION DU GÉNIE CIVIL

La ligne, d'une longueur de 116.5 km, est constituée par 87 % de viaducs et 13% de remblais.

5.1. Viaduc

Il y a 5 viaducs principaux:

- Viaduc sur la rocade de Beijing: 15,60 km
- Viaduc Liangshuihe: 21,56 km
- Viaduc Yangcun : 35,81 km
- Viaduc Yongdingxinhe : 21,13 km
- Viaduc Xinkaihe : 5,37 km

La travée standard préfabriquée d'une longueur de 32,7 m est une poutre-caisson précontrainte simplement appuyée. Les caractéristiques de la travée standard sont :

- Longueur : 32,7 m (31,5 m entre les appuis)
- Largeur : 13,4 m
- Hauteur : 3,05 m

4. BEIJING TIANJIN CONTEXT

The completion of a 120km high speed railway line in less than 3 years was a major challenge. In the case of the Beijing Tianjin project, the opening was scheduled to be in phase with the 2008 Olympics.

This was successfully achieved. The first commercial train operated at 350km/h on August 1st, 2008 (figure 3).

The milestones of the project were:

- 2003.04: *The project is launched. The Third Railway Design Institute is in charge of the conception.*
- 2004.01: *The feasibility report is submitted for approval to the state committee of development.*
- 2004.09: *The project is approved by the committee.*
- 2005.01: *The preliminary design of the Tianjin part is finalized. The Ministry Of Railway (MOR) has made the intermediate evaluation.*
- 2005.07: *The MOR, Beijing and Tianjin cities organize a meeting for the start of the project.*
- 2006.01 : *The construction drawings for viaduct and subgrade and the preliminary construction drawings for the stations are finalized.*
- 2007.12 : *End of the laying of the rail.*
- 2008.02 : *Beginning of testing and commissioning*
- 2008.06 : *The train CRH3 reaches 394.3km/h during test*
- 2008.08.01: *The line is officially opened to commercial operation at 350km/h*

5. DESCRIPTION OF THE CIVIL WORKS

The line is 116.5km long with 87% made of viaducts and 13% of embankments.

5.1. Viaduct

There are 5 main viaducts:

- *Beijing ring viaduct: 15.60km*
- *Liangshuihe viaduct: 21.56km*
- *Yangcun viaduct: 35.81km*
- *Yongdingxinhe viaduct: 21.13km*
- *Xinkaihe viaduct: 5.37km*

The standard span is a 32.7m long precast simply supported prestressed box girder. The characteristics of the standard span are:

- *Length: 32.7m (31.5m between bearings)*
- *Width: 13.4m*
- *Height: 3.05m*
- *Weight: 850tons*
- *Design speed: 350km/h*

- Poids : 850 tonnes
- Vitesse de conception : 350km/h
- Charge permanente de voie : de 113kN/m à 158kN/m
- Charge de trafic : ZK (comparable à l'UIC71, avec une charge uniforme réduite de 64kN/m)
- Distance entre les axes de voies : 5m
- Rayon de voie minimum : 5 500 m à 350 km/h
- Béton : 342.34m³
- Précontrainte : 28.5kg/m³ en moyenne
- Armatures HRB335: 170.5kg/m³ en moyenne

- *Super Imposed Dead Load: from 113kN/m to 158kN/m*
- *Live load: ZK (similar to UIC71, with a reduced uniform load of 64kN/m)*
- *Distance between track center lines: 5m*
- *Minimum track radius: 5,500m at 350km/h*
- *Concrete: 342.34m³*
- *Postensioning: average 28.5kg/m³*
- *Reinforcement HRB335: average 170.5kg/m³*

Ci-dessous la poutre - caisson précontrainte standard.



Figure 4 – Vue du pont après achèvement de la ligne
View of the bridge after completion of the line

Les ouvrages continus sont utilisés pour les grandes travées (portées jusqu'à 128 m). Quarante ponts continus en béton sont nécessaires pour le projet et il en existe de différents types :

- 20 ponts construits par encorbellements successifs de voussoirs coulés en place, portée principale comprise entre 48 m et 128 m
- 19 ponts coulés en place sur étaie, portée principale comprise entre 48 m et 100 m
- 1 pont en encorbellements successifs avec une travée principale de 128 m suspendue à un arc métallique (voir figure 5).



Figure 7 – 5ème rocade – pont à poutre - caisson
80+128+80m
5th ring road - box-girder bridge 80+128+80m



Figure 5 - 4th ring road - arch bridge 60+128+60m
4ème rocade – pont avec arc métallique 60+128+60m



Figure 6 - 4th ring road - arch bridge 60+128+60m
4ème rocade – pont avec arc métallique 60+128+60m

Une autre structure majeure est le pont en arc auto-ancré de 71 m de portée, qui se situe dans la ville de Tianjin (figure 8).

En raison d'un calendrier de construction serré (génie civil à réaliser en 22 mois), la solution qui consiste à préfabriquer les 3 000 travées standard sur des aires de préfabrication a été retenue. Sept zones de préfabrication ont été installées le long de la ligne (figure 9).



Figure 9 – Aire de préfabrication et de stockage
Precast yard

Le cycle de construction dans la zone de préfabrication est le suivant :

Task \ Days		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Preparation of formwork	■														
2	Installation of reinforcement (Bottom slab and webs)	■	■													
3	Installation of inner and end formworks		■	■												
4	Installation of reinforcement (Top slab)			■	■											
5	Concreting				■	■	■									
6	Curing					■	■	■	■							
7	First tensioning (at 60% of concrete strength)							■								
8	Second tensioning (at 80% of concrete strength)								■							
9	Removing the formwork									■						
10	Storage										■	■	■	■	■	■
11	Third and final tensioning (at 100% of concrete strength and 10 days after concreting)													■		
12	Beam can be moved															■

Le cycle de construction de la poutre est soumis aux règlements et codes locaux. Le cycle est de 10 jours entre la tension finale et le bétonnage.

Les travées préfabriquées ont été transportées des aires de préfabrication à leur emplacement final par fardiers circulant sur le viaduc et mises en place avec des poutres de lancement (figures 10 à 13).

Another outstanding structure is the 71m simply supported arch bridge located in Tianjin city (figure 8).



Figure 8 - 71m simply supported arch bridge
Pont simplement porté par un arc de 71 m

Due to the tight construction schedule (civil works to be completed within 22 months), the solution of prefabricating the 3,000 standard spans in precast yards was chosen. Seven precast yards were set along the line (figure 9).

The construction cycle in the precast yard was as follows:

The beam construction cycle is highly dependent on the local codes and regulation. The cycle was here controlled by the requirement of 10 days between final tensioning and concreting.

The precast spans were moved from the precast yards to their final position by trucks running on the viaduct and installed with launching girders (figures 10 to 13).



Figure 10 – Hissage de l'élément préfabriqué sur le tablier du pont
Hoisting of precast unit onto bridge deck



Figure 11 – Trucking of precast unit
Transport de l'élément préfabriqué



Figure 12 – Poutre de lancement

Les ouvrages continus sont soit coulés en place, soit construits par encorbellements successifs.



Figure 13 - Launching gantry

Continuous bridges were either cast in place or built by cantilever method.



Figure 14 – Pont à encorbellements successifs en construction
Cantilever bridge under construction



Figure 15 - Installation of scaffoldings over Beijing Ring Road for cast in place continuous bridge
Installation d'étais sur la rocade Beijing pour le coulage en place de l'ouvrage continu



Figure 16 - Préparation du coffrage
Preparation of formwork

Le tableau ci-après décrit la répartition des travaux entre les différentes entreprises. On peut y voir qu'un des défis essentiels pour la construction a été de finaliser les structures spéciales avant que les poutres de lancement n'aient atteint leur emplacement, afin de ne pas retarder l'installation des travées préfabriquées. La vitesse de pose maximum a été de 65 travées par mois pour une poutre de lancement.

5.2. Remblais fondés sur pieux

Les stations et les croisements sont construits sur remblais. Il y a en tout 5 zones (stations de Beijing, YiZhuang, YongLe, Wuqing, Nancang et Tianjin), totalisant 15,2 km.

En fonction des conditions géotechniques, plusieurs types de fondations ont été utilisés pour les remblais pour améliorer la capacité portante et réduire au minimum les tassements des sols argileux et limoneux :

- pieux préfabriqués battus avec armatures soudées en tête, et une dalle en béton armé en partie supérieure
- Inclusions non-armées coulées en place (pieux CFG) supportant une couche de gravier et une dalle en béton armé
- Inclusions non-armées coulées en place (pieux CFG) combinées avec des pieux ballastés supportant une membrane géotextile.

The table below describes the distribution of the construction works to the main contractors for bridges. It can be seen from this table that one of the main challenges for construction was to complete the special structures before the launching girders reached their location, so that the installation of the precast spans was not delayed. The speed reached up to 65 spans per month for one launching girder.

5.2. Piles-founded embankments

Stations and cross-over are built on embankments. There are 5 areas (Beijing station, YiZhuang station, YongLe, Wuqing station, Nancang and Tianjin station), totalling 15.2km.

Depending on the geotechnical conditions, several foundation types were used for the embankments in order to enhance bearing capacity and minimize settlements of clayey and silty soils:

- Driven precast piles with rebars welded on piles upper ends; reinforced concrete slab on top
- Cast-in-place un-reinforced inclusions (CFG piles) supporting a layer of gravel and a reinforced concrete slab
- Cast-in-place un-reinforced inclusions (CFG piles) combined with gravel piles supporting a geo-textile membrane



Figure 17 - Piles for the embankment foundation
Pieux pour la construction en remblai

	Substructures	Precast Yard	Superstructure	Launching girder	Special structures								
					Type	Piers	Contractor	Balanced cantilever	Cast-in-place				
BEIJING BIG BRIDGE													
03+810	6th Bureau	Cast in place	6th Bureau	↑	40m	P15~P16	6th Bureau		X				
04+404					32-48-32	P16~P19	6th Bureau		X				
04+649					2x40m	P20~P21	6th Bureau		X				
05+389					60-100-60	P21~P24	6th Bureau	X					
06+071					32-48-32	P43~P46	6th Bureau		X				
07+790					60-100-60	P65~P68	6th Bureau	X					
07+970					#7 - Big Bridge Bureau	P118~P121	6th Bureau		X				
09+142					6th Bureau		6th Bureau	↓					
10+514					2nd Bureau		6th Bureau	↑	60-128-60	P158~P161	6th Bureau	X	
10+723									26m	P198			
13+253	60-100-60	P198~P201	2nd Bureau	X									
13+574	40-64-40	P203~P206	2nd Bureau	X									
17+400	80-128-80	P281~P284	2nd Bureau	X									
18+429	2nd Bureau	#1 - 6th Bureau		↓	40m	P287			X				
19+445					40m	P289			X				
20+283					40-64-40	P289~P292	2nd Bureau	X					
20+615					32-48-32	P441~P444	2nd Bureau		X				
LANGSHUI BIG BRIDGE													
21+455	Big Bridge Bureau		2nd Bureau	↑	32-48-32	P19~P22	Big Bridge Bureau		X				
22+136					60-100-60	P66~P69	Big Bridge Bureau		X				
23+632					#2 - 4th Bureau								
27+259					2nd Bureau		Big Bridge Bureau	↑	48-80-48	P349~P352	Big Bridge Bureau		X
32+753									48-80-48	P366~P369	Big Bridge Bureau		X
33+365									32-48-32	P402~P405	Big Bridge Bureau		X
34+551									32-48-32	P412~P415	Big Bridge Bureau		X
34+869					#3 - Big Bridge Bureau								
42+258					Big Bridge Bureau		Big Bridge Bureau	↓					
43+018													
YANGCUN BIG BRIDGE													
45+755	2nd Bureau		2nd Bureau	↑	32-48-32	P33~P36	2nd Bureau		X				
46+607					32-48-32	P64~P67	2nd Bureau		X				
47+731					17th Bureau	#4 - 22nd Bureau		↓	40-64-40	P174~P177	17th Bureau	X	
50+124									32-48-32	P493~P496	17th Bureau	X	
51+317									45-70-70-45	P578~P582	17th Bureau	X	
57+002									60-100-60	P678~P681	17th Bureau	X	
61+753					17th Bureau		18th Bureau	↓	45-70-70-45	P997~P1001	17th Bureau	X	
64+250													
67+596													
69+563					17th Bureau	#5 - 11/14/22 Bureau	17th Bureau	↓					
78+182													
81+228													
YONGDING BIG BRIDGE													
84+210	17th Bureau		17th Bureau	↑	32-48-32	P43~P46	17th Bureau	X					
85+676					60-100-60	P111~P114	17th Bureau	X					
87+786					32+48+32	P208~P211	17th Bureau	X					
90+979					#6 - 14th Bureau								
94+000					17th Bureau		17th Bureau	↓	32-48-32	P394~P397	17th Bureau	X	
97+049									32-48-32	P423~P426	17th Bureau	X	
98+005									40-64-40	P451~P454	17th Bureau	X	
98+956													
99+866					18th Bureau		17th Bureau	↓	8x40m	P484~P491	18th Bureau		X
99+866									6x40m	P493~P498	18th Bureau		X
100+541	32-48-32	P498~P499	18th Bureau						X				
102+491	32-48-32	P558~P561	18th Bureau						X				
102+777	32-48-32	P567~P570	18th Bureau						X				
102+956	32-48-32	P572~P575	18th Bureau						X				
105+337		40m	P611	18th Bureau		X							
XINKAI BIG BRIDGE													
108+724	18th Bureau	Cast in place	18th Bureau		32-48-32	P13~P16	18th Bureau		X				
109+152					40-64-40	P67~P70	18th Bureau		X				
110+861					48-80-48	P86~P89	18th Bureau	X					
111+411					45-70-70-45	P91~P95	18th Bureau	X					
111+634					32-48-32	P110~P113	18th Bureau		X				
112+333					40-64-40	P134~P137	18th Bureau	X					
113+122													
114+095													

6. CONSULTATION TECHNIQUE

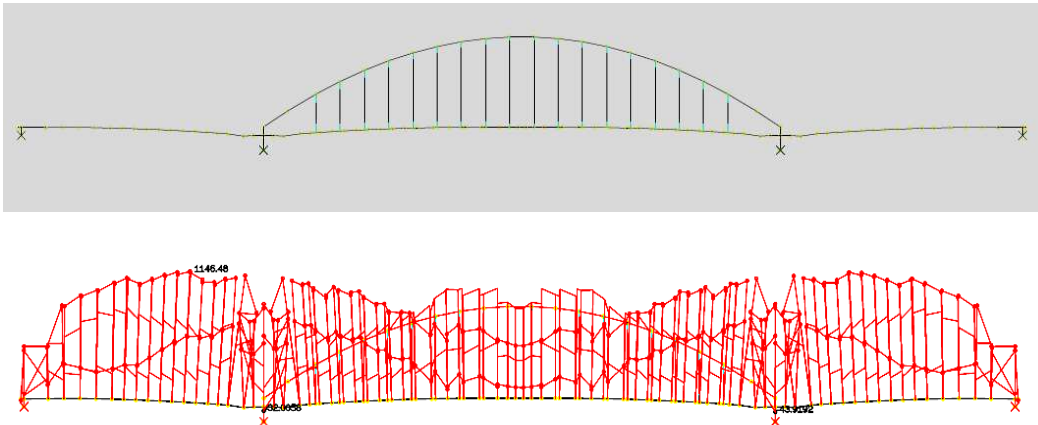
Les études ont été faites par deux bureaux d'études chinois, CEC et le Troisième Institut d'Etudes Ferroviaires, reposant sur les nouvelles spécifications chinoises pour des lignes à grande vitesse.

Le groupement d'Entreprises CARSYS (CARS, Premier Institut d'Etudes Ferroviaires et SYSTRA) était responsable de la revue du design.

Pour le génie civil, les principaux thèmes étaient :

- L'analyse statique et dynamique du tablier
- Les études d'interaction rails-structures et les études des zones de transition entre les ponts et les remblais
- La vérification structurelle des pieux et des fondations, y compris les analyses sismiques
- Le tassement et la capacité portante des terrassements.

Plus de 400 séries de plans ont été soumis pour révision et approbation. Des vérifications détaillées ont été effectuées par le groupement. A titre d'exemple, les images ci-dessous montrent les contraintes en service pour le pont en arc 60+128+60m au-dessus de la 4ème rocade :



De nombreux échanges entre les experts chinois et étrangers ont eu lieu afin de résoudre des questions techniques comme la conception sismique et les exigences d'interaction rails-structure, la philosophie diffère entre les spécifications chinoises et européennes.

7. SUPERVISION GÉNÉRALE

Les activités de SYSTRA peuvent être résumées ainsi :

- Contrôler le processus de qualité et rédiger mensuellement et trimestriellement des rapports au Client
- Observer quotidiennement la qualité générale des travaux de construction

6. TECHNICAL CONSULTATION

The design was prepared by two Chinese designers: CEC and Third Railway Design Institute based on the new Chinese specifications for high speed railway lines.

The joint venture CARSYS (CARS, First Railway Design Institute and SYSTRA) was in charge of the design review.

For the civil engineering, the main topics were:

- *Static and dynamic analysis of the deck*
- *Studies of the interaction between tracks and structures and studies of the transition zones between bridges and subgrade*
- *Structural verification of the piles and foundations including seismic analyses*
- *Subgrade settlement and capacity*

More than 400 sets of drawings were submitted for review and approval. Detailed checks were carried out by the joint venture. As per example, the pictures below show the stresses under service loads for the 4th ring road 60+128+60m arch bridge:

Numerous exchanges between Chinese and foreign experts were held to resolve technical issues such as seismic design and track-structures interaction requirements, which philosophy differs between Chinese and European specifications.

7. GENERAL SUPERVISION

SYSTRA's activities can be summarized as to:

- *Monitor the quality process and issue monthly and quarterly reports to the Client*
- *Observe the general quality of the construction works on a daily basis*
- *Audit the conformity of the construction works to the design and construction specifications and issue Audit/Site Inspection reports*

- Vérifier la conformité des travaux de construction avec les spécifications des études et de la construction et rédiger des rapports d'Audit/Inspection de Site.
- Vérifier et passer en revue le contenu technique des méthodes de construction proposées par les Entreprises et émettre des notes techniques et des rapports techniques de revue.

SYSTRA a établi deux bureaux : un bureau principal à Beijing et un bureau à Tianjin. Plus de 300 inspections de site ont été effectuées.

Le projet a rencontré plusieurs défis techniques :
Construction en hiver

La température aux alentours de Beijing peut descendre bien au-dessous de 0°C en hiver. Néanmoins, en raison du calendrier de construction extrêmement serré, les travaux ont dû continuer avec des températures de -10°C.

Des mesures spéciales ont été mises en œuvre, telles que :

- Modification de la formulation des bétons
- Conditions supplémentaires requises pour le transport, la mise en œuvre et la cure
- Protection du coffrage et du béton au jeune âge avec bâches et étuvage
- Contrôle rigoureux des variations de température dans le temps et de la température au cœur du béton.



Figure 19 – Pieu coulé à l'abri d'une enceinte chauffée



Figure 21 - Segments of cantilever bridges cast under heated enclosure
Coulage de voussoirs du pont en encorbellements sous enceinte chauffée

- Check and review the technical content of the construction method statements and procedures proposed by the Contractors and issue technical memos and technical review reports.

SYSTRA established two offices: one main office in Beijing and one office in Tianjin. More than 300 site inspections were carried out.

The project encountered several technical challenges:
Construction in winter

Temperature in the vicinity of Beijing can drop well below 0°C in winter. Nevertheless, due to the extremely tight construction schedule, works had to continue during the temperatures as low as -10°C.

Special measures were implemented, such as:

- Modification of mix design
- Additional requirements for transportation, pouring and curing
- Protection of formwork and concrete at early stage with insulation materials and heated enclosures
- Stringent control of temperature variation in time and temperature gradient in the concrete.



Figure 18 – Steam curing in the precast yard
Etuvage sur la zone de préfabrication



Figure 20 – Pier cast under heated enclosure

Contrôle de la géométrie pour répondre aux conditions requises pour les voies

Le projet de Beijing Tianjin a été le premier à exécuter, à grande échelle, le système de voie BOGL sur des ponts. Ce système de voie exige un contrôle de géométrie rigoureux du génie civil :

- Alignement en absolu du tablier : ± 7 mm
- Alignement en relatif du tablier adjacent : ± 3 mm (puis portée à ± 10 mm)
- Planéité du tablier : 3 mm à la règle de 4 m

Les surfaces se trouvant hors tolérance ont été réparées par polissage de la surface du pont ou par ajout d'une couche supplémentaire de mortier.



Figure 22 - Polissage des plateformes dans la zone de précontrainte pour obtenir la planéité requise
Polishing the decks in the precast yard to reach the deck flatness requirement

Contrôle de la déformation due au fluage

Parce que l'ajustement ultérieur de l'alignement vertical de la dalle de voie est difficile et coûteux, les déformations verticales des travées à cause du fluage ont été limitées à 10mm après l'installation de la voie.

Pour des grandes travées, comme celle de 60+128+60m sur la 4ème rocade, il a alors été nécessaire de contrôler la déformation verticale du tablier pendant la construction et avant l'installation de la voie. Les travaux de la voie ont seulement commencé lorsque les déformations dues au fluage ont été maîtrisées.

8. CONCLUSION

Les travaux de génie civil de la première ligne à Grande Vitesse entre Beijing et Tianjin ont été réalisés de décembre 2005 à septembre 2007, en seulement 22 mois.

Le premier train commercial a été mis en circulation à 350km/h le 1er août 2008, dans les temps. Il réduit la durée de voyage de 70 minutes à 30 minutes. Le prix du billet est de 58 ¥ en deuxième classe (environ 7€) et 69 ¥ en première classe (environ 8€). Le développement futur pourra voir une extension de 40 km de Tianjin à Tanggu, ainsi qu'une ligne secondaire pour transporter les passagers en provenance ou en partance de l'Aéroport International de Beijing.

SYSTRA, en partenariat avec CARS et le Premier Institut d'Etudes Ferroviaires, a effectué la consultation technique et la supervision générale du génie civil.

Geometry control to satisfy stringent track requirements

The Beijing Tianjin project was the first to implement, at a large scale, the BOGL's track system on bridges. This track system requires very stringent geometry control for the civil structures:

- Deck absolute elevation: ± 7 mm
- Adjacent deck relative elevation: ± 3 mm (later changed to ± 10 mm)
- Deck flatness: 3mm on a 4m rule

Areas where geometry was out of tolerance were repaired by either polishing the surface of the deck or adding an additional layer of mortar.



Figure 23 - Repairing the deck surface to achieve the requirements for the relative elevation between adjacent decks

Réparation de la surface pour obtenir la hauteur relative requise entre les tabliers adjacents

Monitoring the deformation due to creep

Because later adjustment of the slab track's vertical alignment is difficult and costly, the vertical deformations of the spans due to creep were limited to 10mm after installation of the track.

For long spans, such as the 60+128+60m on the 4th ring road, it was then necessary to monitor the vertical deformation of the deck during construction and prior to the track installation. Track works started only when creep deformations were under control.

8. CONCLUSIONS

The civil work construction of the first High Speed Railway line between Beijing and Tianjin lasted from December 2005 to September 2007, in just 22 months.

The first commercial train operated at 350km/h on August 1st, 2008, on schedule. It reduces the travel duration from 70 minutes to 30 minutes. A journey fare is 58¥ in second class (7€ approx.) and 69¥ in first class (8€ approx.). Expansion may see a 40km extension from Tianjin to Tanggu, as well as a branch line to transport passengers to and from Beijing Capital International Airport.

SYSTRA, in the joint venture with CARS and First Railway Design Institute, carried out the technical consultation and the general supervision of the civil works.