

5, avenue du Coq
75009 Paris FRANCE
Tél : 01 40 16 61 00
Fax : 01 40 16 61 04
systra@systra.com
www.systra.com



Royaume-Uni

High Speed 1

Londres-Tunnel sous la Manche



GA Photos Ltd.

↑ 30 juillet 2003 : record de vitesse à 334,7 km/h

Conception, construction, exploitation et maintenance d'une ligne ferroviaire à grande vitesse de 109 km

La construction de 109 km (68 miles) de ligne à grande vitesse entre Londres et le tunnel sous la Manche a été assurée par l'octroi d'un contrat de concession. C'est la première ligne nouvelle construite en Grande-Bretagne depuis plus d'un siècle. Outre la desserte de la gare actuelle de Ashford International, deux nouvelles gares sont construites à Ebbsfleet et à Stratford à l'est de Londres. La traversée de la Tamise, puis de la partie est de l'agglomération londonienne nécessite le percement de tunnels profonds. L'arrivée à Londres St-Pancras entraîne un important remaniement du secteur.

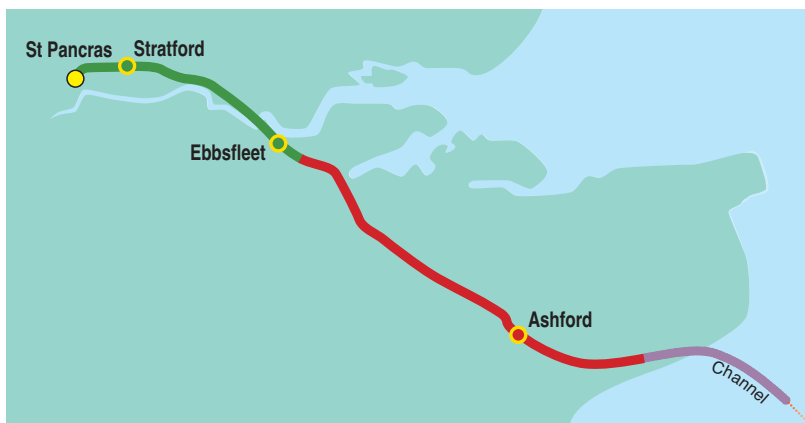
La première section (70 km) inaugurée le 28 septembre 2003, a permis de gagner

20 mn sur les temps de trajet de Londres à Paris ou Bruxelles. Depuis le 14 novembre 2007, Paris est à 2 heures 20 mn de Londres. La réalisation de cette ligne nouvelle à grande vitesse répond aux besoins suivants :

- permettre un service plus rapide et plus fiable pour les liaisons entre le Royaume-Uni et l'Europe continentale ;
- augmenter la capacité du secteur ferroviaire sud-est de l'Angleterre, en libérant le réseau classique de la circulation des Eurostar ;
- créer un nouveau service de qualité pour les trajets quotidiens entre le Kent et Londres ;
- développer autour des gares nouvelles et à St-Pancras des opérations importantes de rénovation urbaine et de développement économique.

La ligne nouvelle est construite dans le cadre d'un partenariat public-privé conclu entre le Gouvernement du Royaume-Uni et la société concessionnaire London & Continental Railways (LCR). Le financement est assuré par un ensemble de dons et d'emprunts garantis par le Gouvernement et par des financements privés, avec l'assistance de l'Union Européenne.

La conception et la maîtrise d'œuvre du projet sont confiées par LCR à Rail Link Engineering (RLE), un groupement de quatre entreprises d'ingénierie : BECHTEL, ARUP, HALCROW et SYSTRA.



Construction du tunnel
sous la Tamise →

Le rôle de SYSTRA

SYSTRA est associé fondateur de la société LCR, et membre du groupement d'ingénierie RLE depuis 1996. SYSTRA intervient plus particulièrement dans l'ingénierie de conception et de réalisation (ouvrages d'art, voie et caténaire, signalisation, contrôle commande et alimentation en énergie), le contrôle général de l'exécution des travaux, la conception et la mise en œuvre du programme d'essais, de réception et de mise en service, et la préparation de la maintenance de la nouvelle ligne.

Au sein du groupement RLE, SYSTRA apporte l'expérience de la grande vitesse ferroviaire acquise depuis plus de 20 ans, la capacité à prendre en compte ses contraintes spécifiques dans la conception optimisée des ouvrages de génie civil, ainsi que la connaissance de la technologie utilisée pour les équipements ferroviaires.

SYSTRA a mobilisé sur ce projet jusqu'à deux cent cinquante ingénieurs et techniciens :

- La majorité a intégré les équipes du groupement RLE dans les bureaux de Londres et



GA Photos Ltd.

Ashford et a participé aux études, à la direction et la gestion du projet.

- Une partie a été intégrée directement au sein de certaines entreprises de construction, notamment pour la pose de voie et des caténaires d'une part, et pour le montage et les essais des équipements de signalisation d'autre part.

- Enfin de nombreuses études et prestations particulières ont été demandées à SYSTRA sous forme de Work Orders (ordres de service), et réalisées au siège ou à partir du siège de l'entreprise à Paris.

Génie civil

- Après avoir défini les critères d'études spécifiques aux ponts ferroviaires pour ligne à grande vitesse, SYSTRA est plus particulièrement intervenue sur les questions touchant au comportement dynamique des ouvrages au passage des trains : principes de

calcul, méthodes utilisées, types d'approches à effectuer. SYSTRA a ensuite conduit les études de quelques ouvrages sensibles comme Medway Bridge, Wrotham Road Underbridge, Tutt Hill Bridge, Merrals Shaw, A20 Ashford Bridge, Canterbury Line Bridge, A20 Newington Bridge.

SYSTRA a joué le rôle de consultant sur des points techniques particuliers, mais essentiels, liés au trafic ferroviaire, tels que l'interaction rail-structure, l'impact sonore, la disposition des joints de dilatation.

- Sur le pont de Medway, l'ouvrage principal de la section 1, les ingénieurs de SYSTRA ont participé à la définition des dispositions générales, puis procédé aux calculs statiques de l'ensemble de la structure, aux analyses d'interaction rail-structure, aux vérifications des joints de rail et de leur réglage. La portée centrale de cet ouvrage, longue de 152,4 mètres, constitue un record mondial pour un pont ferroviaire. SYSTRA a aussi participé à la mise au point des plans de construction avec l'entrepreneur.

- SYSTRA a par ailleurs réalisé de nombreux contrôles d'études des ouvrages d'art, en ligne et dans la zone de la gare de Saint-Pancras, prenant notamment en charge les études de conception et d'exécution de plusieurs kilomètres de «Piled Slab». Cette dalle sur pieux constitue la structure d'assise de la ligne au franchissement d'une zone marécageuse. Du fait de la légèreté de la structure, les analyses dynamiques et d'interactions rail-structure ont eu une part primordiale dans la conception de l'ouvrage.

Le viaduc de Medway ↓



GA Photos Ltd.



L'Eurostar en gare de St-Pancras ↑



↑ Travaux d'électrification

Nick Bucknall

Exploitation

- Calculs des grilles de circulation, des temps de parcours et détection des conflits avec le logiciel SOFTIME.
- Mise au point des critères de performance.

Voie et Caténaires

- Contribution à la définition de la logistique des chantiers d'installation des équipements ferroviaires.
- Contrôle de l'exécution des travaux.
- Assistance à l'entreprise en charge des travaux pour la définition des règles d'exploitation de la ligne pendant les travaux, pour la circulation des trains de travaux et de services, notamment les circulations d'essais à grande vitesse (jusqu'à 330 km/h).
- Instrumentation des trains d'essai, analyse des caractéristiques de la voie et des caténaires lors d'essais de montée en vitesse, pour obtenir l'agrément sécurité («safety acceptance»).

Signalisation

- Découpage de la ligne en cantons répondant aux besoins des TGV, des trains régionaux et des trains de fret.
- Élaboration des outils de conception et d'essai pour la mise au point des paramètres de la signalisation informatisée.
- Validation indépendante et essais en laboratoire de la signalisation d'espace-temps (TVM 430) et des huit postes de la Section 1 (fonction enclenchement).
- Études de télécommande des zones de sécurité.
- Études de la signalisation dans la gare de St-Pancras.
- Assistance à la direction et à l'exécution de l'installation et des essais de la signalisation en ligne et du centre de commande et de contrôle d'Ashford.

Courants forts

- Dimensionnement des sous-stations d'alimentation et implantation des auto-transformateurs, à l'aide d'études de simulation de traction sur les bases des modes de circulation prévus.
- Études des sections neutres.

- Études de la séparation des courants de retour dans les zones transition entre le 25 kV/50 Hz et le 750 V/continu.
- Conception du système de dégivrage de la caténaire.
- Vérification indépendante du système d'alimentation et de sectionnement.
- Définition des exigences de mise à la terre et de liaisons équipotentielles des infrastructures et notamment des ouvrages d'art.

Sécurité et sûreté de fonctionnement

- Analyse des modes de défaillance sur les lignes à grande vitesse connues afin de

préciser aux entreprises les niveaux de fiabilité exigés de leurs fournitures et de leurs constructions.

- Vérification indépendante des logiciels de sécurité conçus par les constructeurs pour le centre de contrôle des circulations ferroviaires (RCC), les télécommunications (radio, téléphone, réseau numérique, réseau de télévision), les télécommandes d'équipements électromécaniques (EMMIS), la surveillance en ligne du matériel roulant (VHME).

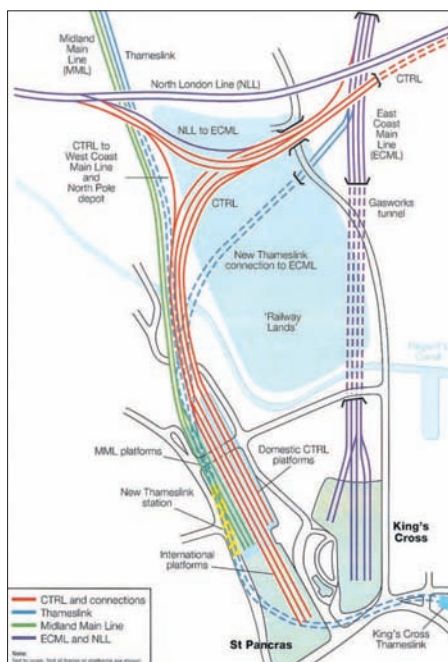
- Validation des études de désenfumage dans les tunnels.

Installation des caténaires ↓



CA Photos Ltd.

Schéma des voies
à l'approche de St-Pancras →



Gare de Saint-Pancras

- La gare de St-Pancras accueille les services à grande vitesse, les nouveaux trains domestiques empruntant la HS1 vers le Kent, ainsi que les services des Midland Main Lines. L'aménagement des infrastructures ferroviaires comprend, sur un triangle de 1,4 x 1,3 x 0,8 km, 14 km de voie (dont 36% sur voies béton), 95 appareils de voie (dont 92% selon les nouveaux standards), une caténaire de 25 kV, 13 quais dans la gare, 18 murs de soutènement, 13 ponts, en interconnexion avec 2 tunnels.

- SYSTRA a été chargée de réaliser les études ferroviaires d'avant-projet détaillé (situation finale et principales phases d'exploitation) dans les domaines suivants : tracé de voie, armement de voie, équipements électromécaniques, caténaire, énergie électrique et télécommunications. La complexité technique du projet a nécessité la gestion rigoureuse de nombreuses interfaces. SYSTRA a réalisé les études en tenant compte simultanément, pour chaque spécialité, de leur durée de réalisation et du niveau de leur évolution technologique, tout en mettant en place des processus de résolution de problèmes complexes dans le cadre d'études multidisciplinaires.

Environnement

- Études des perturbations électromagnétiques de l'environnement par les courants de traction et mesures de correction.

- Mesures des bruits de roulement à grande vitesse afin de réaliser des protections acoustiques (murs anti-bruit).

Préparation de la maintenance

- Rédaction des instructions de maintenance concernant la voie et les équipements de signalisation, applicables aux circulations à grande vitesse.
- Formation d'équipes d'encadrement de la maintenance dans les domaines de la voie, de la caténaire, de la signalisation électrique et de la signalisation mécanique.

Sortie du tunnel de North Downs ↓



Royaume-Uni
High Speed 1
Londres-Tunnel sous la Manche

Le projet

Caractéristiques de la Section 1 du Tunnel sous la Manche à Fawkham Junction

- 70 km de ligne
- 117 ponts
- 3,5 km de tunnels
- 4 Eurostar par heure
- Réduction du temps de parcours dès l'ouverture de la Section 1 le 28/09/2003 :
 - Londres Waterloo => Bruxelles : 2h20
 - Londres Waterloo => Paris : 2h35

Caractéristiques de la Section 2 de Southfleet Junction à St-Pancras

- 39 km de ligne
- 2 gares intermédiaires : Ebbsfleet et Stratford
- 23 km de tunnels
- 6 km de viaducs
- 8 Eurostar par heure
- Réduction du temps de parcours depuis le 14 novembre 2007 :
 - Londres St-Pancras => Bruxelles : 2h00
 - Londres St-Pancras => Paris : 2h20

- La ligne est conçue pour permettre la circulation :

- des Eurostar ou autres TGV à une vitesse maximale de 300 km/h
- de trains de banlieue roulant à 200 km/h
- de trains de fret à 140 km/h

Les acteurs

Maître d'ouvrage :

London & Continental Railways, qui a créé deux filiales pour la construction :

- Union Railways South (Responsable de la construction de la Section 1)
- Union Railways North (Responsable de la construction de la Section 2)

L'opérateur de l'infrastructure :

Network Rail (CTRL) Ltd

Le maître d'œuvre :

- Rail Link Engineering (RLE), chargé des études et de la direction du projet
- OVE ARUP (19%)
- BECHTEL (50 %)
- HALCROW Group (17%)
- SYSTRA (14%)

Coûts

- Section 1 : 1,9 milliard £
- Section 2 : 3,3 milliards £ (plus coûteuse que la section 1 en raison des 23 km de tunnels)
- Total : 5,2 milliards £

Financement

- Financement public/privé
- Garanties du Gouvernement : 3,75 milliards £

Les dates clés

	SECTION 1	SECTION 2
1998	Début des travaux de génie civil	
1999		Planning détaillé
2000	Contrats de voie et signalisation	Début de l'avancement des travaux
2001	Démarrage de la pose de voie	Démarrage de la construction principale
2002	Fin des travaux de voie et équipement des installations	Démarrage de la construction des tunnels de Londres et de la Tamise
2003	Essais, réception, et mise en service Ouverture de la Section 1 (28/09/03)	Construction (tunnels et travaux de surface)
2004		Fin de la construction des tunnels Démarrage de la pose de voie
2005		Fin de la pose de voie
2007		Achèvement de la gare de St-Pancras Essais, réception et mise en service Ouverture de la Section 2 (14/11/07)