

LGV, 300 km/h sur le rail belge

VOL.2
L'histoire d'un défi

CET OUVRAGE EST DÉDIÉ AUX HOMMES ET AUX FEMMES QUI, DE PRÈS OU DE LOIN,
ONT MARQUÉ L'HISTOIRE DU CHEMIN DE FER ET PERMIS LA MISE EN ŒUVRE D'UN RÉSEAU
À GRANDE VITESSE EN BELGIQUE.



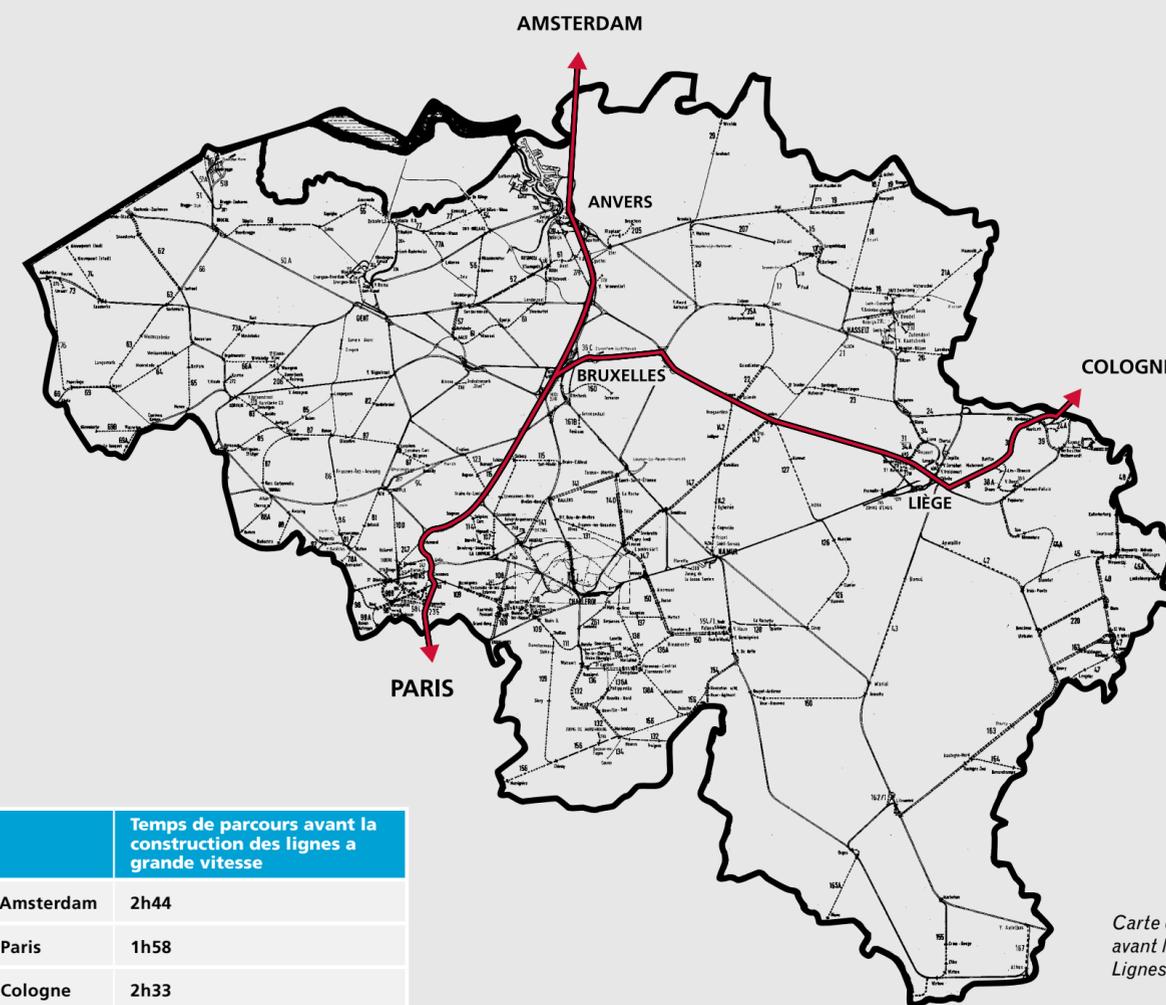
SOMMAIRE

DE L'IDÉE À SA CONCRÉTISATION	7
VOYAGER VITE ET LOIN!	
DE BRUXELLES À LA FRONTIÈRE FRANÇAISE	13
LE TRACÉ TGV OUEST	
La première ligne à grande vitesse internationale au monde ! Sur les traces de l'Histoire Au millimètre près : un parcours sans faute pour les poseurs de voies Ponts, tunnels, tranchées et autres ouvrages d'art	
LA GARE DE BRUXELLES-MIDI : AU CŒUR DE LA RÉNOVATION URBAINE	
DE BRUXELLES À LA FRONTIÈRE ALLEMANDE	37
LE TRACÉ TGV EST	
Effet maximal, impact minimal Objets anciens, nouvelles découvertes La caténaire : haute vitesse, haute tension Concevoir et construire en misant sur l'avenir	
LA GARE DE LIÈGE-GUILLEMINS : LE DÔME DE VERRE DE SANTIAGO CALATRAVA	
DE BRUXELLES À LA FRONTIÈRE NÉERLANDAISE	57
LE TRACÉ TGV NORD	
Amsterdam... plus proche que jamais Un fascinant voyage dans le temps Parcours d'essai à grande vitesse Ouvrages d'art pour l'homme et l'environnement	
LA GARE D'ANVERS-CENTRAL : QUAND HISTOIRE ET MODERNITÉ SE MÉLENT...	
LE PRÉSENT ET L'AVENIR DU TGV	75
AIGUILLAGE VERS L'AVENIR	
LEXIQUE	83



01

De l'idée à sa concrétisation



VOYAGER VITE ET LOIN !

À l'heure où le réseau routier européen est arrivé à saturation et où l'espace aérien devient de plus en plus encombré, le train à grande vitesse (TGV) est promis à un bel avenir. Assurant des liaisons rapides d'une grande ville à l'autre, ce moyen de transport semble créé sur mesure pour notre continent densément peuplé, et où les distances séparant les grandes villes dépassent rarement les 1 000 kilomètres. Autre avantage: son impact environnemental est très faible, une aubaine à l'heure actuelle. Incontestablement, le TGV s'affirme comme le moyen de transport européen par excellence !

1959-2009: 50 ANS D'HISTOIRE Le réseau ferroviaire rapide que nous connaissons aujourd'hui ne date pas d'hier... Son histoire a déjà plus d'un demi-siècle. En 1959,

la compagnie ferroviaire japonaise entamait en effet la construction de la Tokaido Shinkansen, la première ligne à grande vitesse au monde. Similaire sur de nombreux points avec notre continent (taux d'urbanisation élevé, forte densité de population, distances à parcourir trop longues pour la voiture, mais trop courtes pour l'avion), le Japon fut source d'inspiration pour l'Europe. C'est ainsi qu'en 1972, la France reprit le flambeau et présenta son TGV 001. Propulsé par une turbine à gaz, ce premier Turbo train à Grande Vitesse atteignait déjà les 318 km/h sur la ligne Paris-Lyon. Malheureusement, sa turbine à gaz, très énergivore, ne survécut pas à la crise énergétique de 1973... Face à ce constat, les chemins de fer français optèrent pour un moteur électrique classique, beaucoup plus économe. Et c'est ce

moteur qui propulse aujourd'hui encore les TGV, désignant depuis lors non plus des Turbo trains mais, de façon plus générique, des Trains à Grande Vitesse.

UN RÉSEAU EUROPÉEN EN EXTENSION C'est à l'échelle européenne que le réseau à grande vitesse prend tout son sens. Il permet de sillonner l'Europe en un temps record et de manière économique. L'idée d'étendre le réseau TGV sur tout le continent, et notamment en Belgique, fit donc rapidement son chemin. À l'époque, la ligne Paris-Bruxelles était déjà une liaison ferroviaire populaire. Et lorsqu'on décida, au début des années '80, de construire le tunnel sous la Manche, le projet d'étendre le réseau à grande vitesse redoubla d'intérêt: le TGV relierait désormais Bruxelles, Londres et Paris en à peine deux heures !

▼ Un train à grande vitesse japonais sur la ligne Tokaido Shinkansen



▼ L'ancêtre du TGV: le TEE (Trans Europe Express)

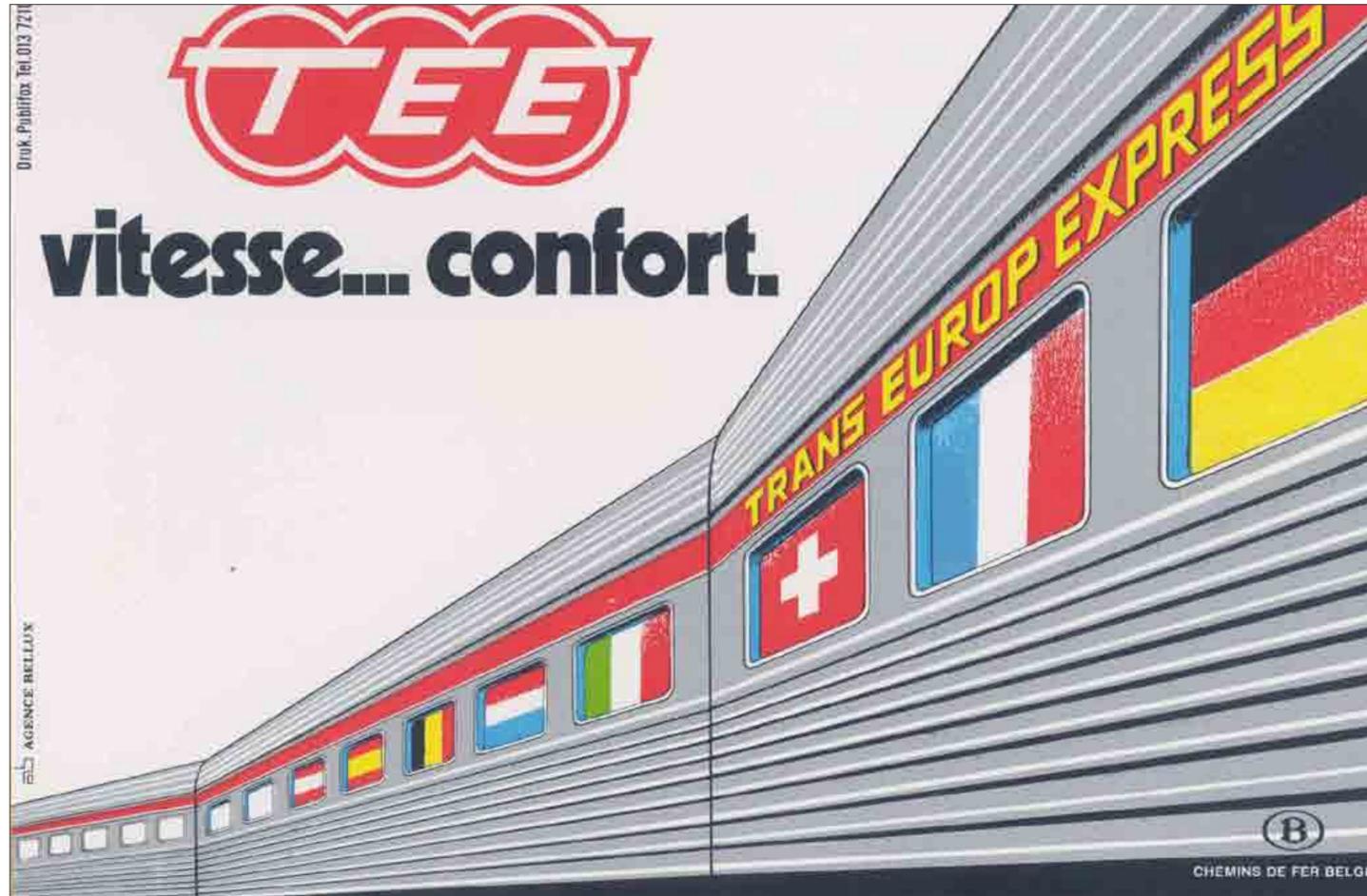


▲ TGV 001: le premier Turbo train à Grande Vitesse français

LA BELGIQUE: PREMIER PAYS À ACHÉVER SON RÉSEAU À GRANDE VITESSE DE FRONTIÈRE À FRONTIÈRE La mise en œuvre du réseau à grande vitesse belge s'est toutefois révélée moins évidente que tout ce qui avait été imaginé. En effet, la Belgique présente une situation assez particulière: du point de vue de l'aménagement du territoire et de l'infrastructure, notre pays est une version condensée de l'Europe ! La population, les réseaux routier et

ferroviaire et la construction y sont encore plus denses que sur le reste du continent. De surcroît, la Belgique est depuis des siècles un carrefour important au cœur de l'Europe. Il n'était donc pas question de construire de manière inconsidérée de nouvelles lignes à grande vitesse desservant uniquement Bruxelles. Il était évident que le TGV devait également relier la Belgique à nos voisins des Pays-Bas et de l'Allemagne et ce, en

s'intégrant au maximum à l'infrastructure existante: soit en valorisant d'anciennes lignes, soit en reliant de nouvelles aux voies ferrées et routières existantes. C'est dans cette optique qu'en 1992, le gouvernement belge décida de réaliser les trois branches de son réseau à grande vitesse: la branche Ouest qui relie Bruxelles à la frontière française, la branche Nord qui relie Bruxelles à la frontière néerlandaise - avec raccordement au réseau



▲ Ancienne publicité pour le TEE (Trans Europe Express)

TGV néerlandais vers Rotterdam et Amsterdam -, et la branche Est qui relie Bruxelles à la frontière allemande. Au total, le réseau à grande vitesse belge compte aujourd'hui 314 km de voies sur les quelque 35000 km que devrait compter à terme le réseau à grande vitesse européen. L'investissement total pour le projet belge s'élève à près de 5,2 milliards d'euros. Un investissement considérable pour notre petit pays. Aujourd'hui, la Belgique est devenue une plaque tournante pour le trafic à grande vitesse entre Londres, Paris, Lille, Bruxelles, Anvers, Amsterdam, Liège, Cologne, Düsseldorf et

Francfort. Mentionnons également que la Belgique est le seul pays d'Europe où les trains du trafic intérieur parcourent également le réseau TGV. Cette particularité a permis d'améliorer sensiblement le réseau intérieur classique. Aujourd'hui la Belgique est le premier pays au monde à avoir achevé la construction de son réseau TGV de frontière à frontière ! Un beau défi !

Comparé à l'avion et la voiture, le train (et notamment le train à grande vitesse) est le moyen le plus écologique de voyager en Europe. Exemple : impact CO₂ entre Bruxelles et Paris.

 4,2 kg de CO₂ par personne en train à grande vitesse (= à l'équivalent de 8,9 l de pétrole)

 33,3 kg de CO₂ par personne en voiture (= à l'équivalent de 15,6 l de pétrole)

 59 kg de CO₂ par personne en avion (= à l'équivalent de 28,7 l de pétrole)

[source : Ecopassenger, UIC 2009, www.ecopassenger.com]

Trajet	Temps de parcours avant la grande vitesse	Temps de parcours en décembre 2009	Gain de temps	Temps de parcours futur
Bruxelles - Amsterdam (LGV nord)	2h44	1h51*	53 minutes	1h46 (2014)
Bruxelles - Cologne (LGV est)	2h33	1h57	36 minutes	1h41 (2015)
Bruxelles - Paris (LGV ouest)	1h58	1h22	36 minutes	1h22
Bruxelles - Londres (LGV ouest)	2h55	1h51	64 minutes	1h51

* Temps commercial prévu lors de sa mise en service - décembre 2009



TUC RAIL

La S.A. TUC RAIL a été créée en 1992. Elle emploie environ 650 personnes et est l'une des filiales d'Infrabel. Ce bureau d'étude est spécialisé dans le monde du ferroviaire et plus particulièrement dans le domaine de l'infrastructure. TUC RAIL a été chargée de réaliser les nouvelles lignes à grande vitesse, mais également d'autres projets d'envergure tels que la construction du RER (Réseau Express Régional) ou du projet Diabolo. TUC RAIL fut l'un des maillons essentiels pour la construction des lignes à grande vitesse. Sans l'inventivité et le savoir-faire remarquable de ses ingénieurs, le projet TGV n'aurait pas été un succès.

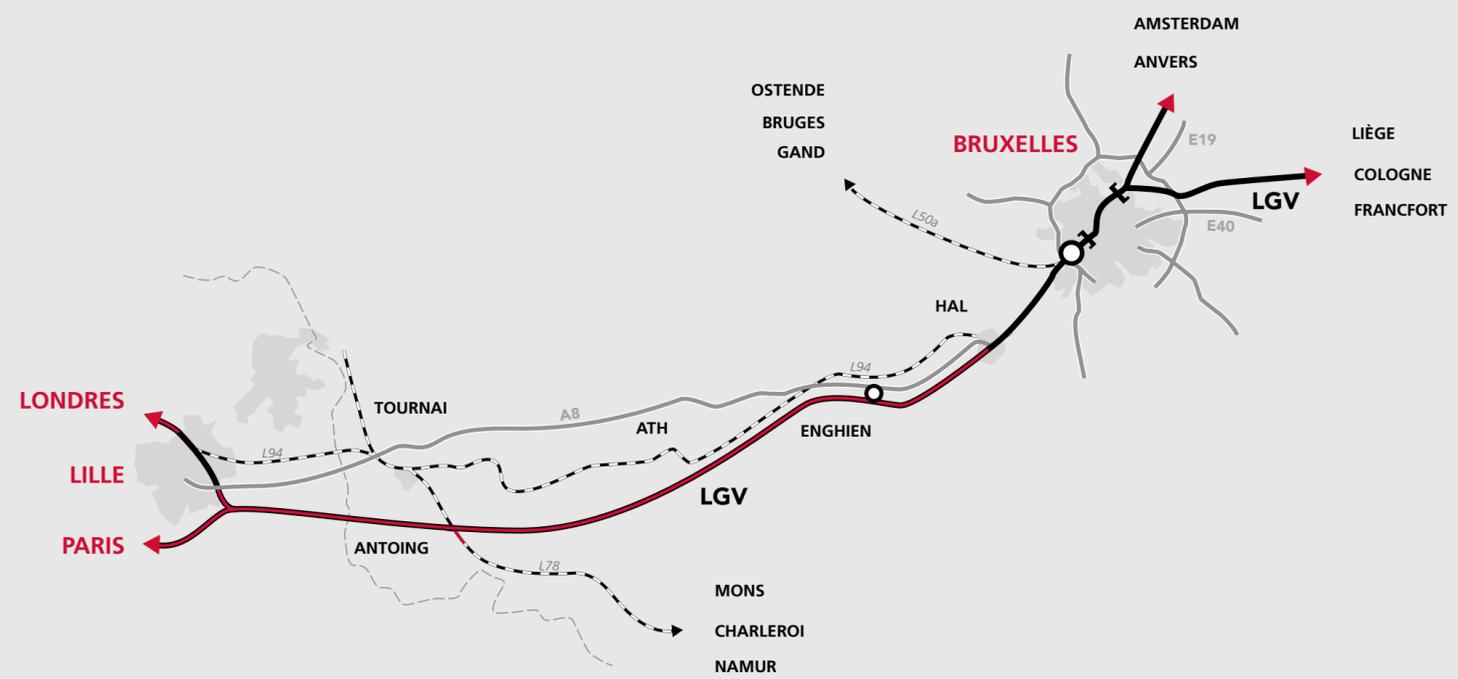


◀ Un train belge en partance pour Paris à la sortie de la gare de Bruxelles-Central



02

De Bruxelles à la frontière française



- LIGNE À GRANDE VITESSE OUEST (LGV)
- TGV SUR LIGNE MODERNISÉE
- TUNNEL
- RÉSEAU NATIONAL
- AUTOROUTE
- FRONTIÈRE

LE TRACÉ TGV OUEST

La première ligne à grande vitesse internationale au monde !

Le 14 décembre 1997 restera une date cruciale dans l'histoire des chemins de fer. Ce jour-là, le Roi Albert II et la Reine Paola inauguraient la première ligne à grande vitesse transfrontalière au monde : Bruxelles - Lille - Paris ! Grâce au TGV, Bruxelles est désormais à 1h22 de Paris-Nord. La construction de la branche Ouest du réseau à grande vitesse belge a nécessité moins de quatre ans... Une performance lorsqu'on connaît les difficultés rencontrées, comme notamment le sous-sol instable du Hainaut ! Pour parer les problèmes rencontrés, les concepteurs et constructeurs ont fait preuve d'inventivité. Les solutions techniques

qu'ils ont mis en place ont souvent été réutilisées par la suite sur les autres branches du réseau à grande vitesse belge, ainsi que sur le réseau classique existant.

UTILISER L'EXISTANT Bruxelles et ses alentours étant densément bâtis et peuplés, il était exclu de faire rouler le TGV exclusivement sur une nouvelle infrastructure. On opta alors pour une modernisation de la ligne existante entre Bruxelles et Tubize, soit quelque 17 km. Les voies destinées aux TGV et aux trains intérieurs ont été adaptées pour que les trains puissent atteindre une vitesse de 160 km/h, et préparée pour 220 km/h. Les secondes

voies réservées au trafic intérieur furent par la même occasion rénovées pour permettre une vitesse maximale de 160 km/h.



▲ Le Roi Albert II et la Reine Paola étaient présents lors du trajet inaugural du premier Thalys Bruxelles-Paris.

BRUXELLES-MIDI: LE PÔLE TGV Les TGV vers Paris et Londres entament leur course au départ de la gare de Bruxelles-Midi. Afin d'assumer ce nouveau rôle de « nœud TGV », la gare du midi a été entièrement modernisée. À côté des bâtiments proprement dits, l'accès TGV et les six voies de quai TGV (deux pour l'Eurostar et quatre pour le Thalys) ont été rénovés. Un viaduc de 452 mètres permet aussi aux TGV de traverser les voies principales et les différents faisceaux de voies de la gare sans perte de temps. L'accès de la ligne 50A vers Gand a également été amélioré et tous les faisceaux de voies existants ont été remis à neuf. Enfin, une nouvelle sous-station de traction été construite. Une sous-station de traction est un poste de transformation et de distribution du courant électrique nécessaire à l'alimentation, via la caténaire, d'une section de ligne électrifiée déterminée. Bruxelles-Midi était ainsi prête à remplir sa nouvelle fonction.

UN TUNNEL DOTÉ D'UN TOIT De Bruxelles-Midi, le TGV se rend à Forest où il emprunte un viaduc de 939 mètres de long qui enjambe les voies ferrées du réseau intérieur,

pour arriver sur un tracé entre les deux voies de la ligne 96 Bruxelles - Mons. À hauteur de Lot, le TGV longe un viaduc de 672 mètres de long où il croise à nouveau la ligne 96. À l'est de cette dernière, le TGV met ensuite le cap sur la tranchée couverte de Halle. Une tranchée couverte est en quelque sorte un « tunnel doté d'un toit » : au lieu de percer un tunnel, on creuse une tranchée peu profonde dans laquelle sont aménagées les voies. L'ensemble est recouvert d'un toit en béton, sur lequel on peut planter de la végétation ou construire différentes infrastructures. Vous pourrez lire en page 30 comment on a opéré à Halle, un exemple qui illustre bien la valeur ajoutée qu'une intégration réfléchie du TGV peut apporter à l'aménagement du territoire et aux infrastructures existantes.

VERS L'OUEST À 300 KM/H Après Halle, le TGV poursuit sa course sur la ligne existante (adaptée) jusqu'à Tubize. Sur ce tronçon, il franchit le canal Bruxelles-Charleroi sur un pont à arches de 115 mètres de long, situé à proximité d'un ouvrage d'art mis en place pour la ligne 96. Le viaduc de Lembeek marque la transition de la ligne valorisée vers la ligne à grande vitesse ; le TGV y croise une dernière fois la ligne 96 et accélère pour atteindre une vitesse de 200 km/h. Il dépasse Tubize discrètement à travers une tranchée couverte de 270 mètres de long. Lorsqu'il longe l'autoroute A8 (Halle - Tournai), le TGV accélère jusqu'à 300 km/h. 11 km plus loin, à l'échangeur de Marcq (Enghien), le TGV s'éloigne de l'autoroute pour filer vers l'ouest, parallèlement à la ligne de chemin de fer classique 94 reliant Bruxelles à Tournai.

► La construction d'une ligne est un travail des plus minutieux et précis : tout est vérifié au millimètre près



▼ Mise en place du pont à arches traversant le canal Bruxelles-Charleroi





▲ Viaduc d'Arbre: Pour éviter les nombreux obstacles naturels et artificiels, nos ingénieurs ont fait preuve d'une grande ingéniosité

Mise en place des arches sur le viaduc d'Antoing ▶

DE NOMBREUX OBSTACLES, UN SEUL VIADUC À proximité d'Ath, le TGV traverse la vallée de la Dendre. Grâce au Viaduc d'Arbre (long de 2005 mètres), il enjambe toute une série d'obstacles naturels et artificiels. Ce viaduc est une construction unique à de nombreux égards: travées isostatiques de 50 et 63 mètres (voir explication page 28), tabliers en forme de « U » particulièrement bas, et parois latérales qui font également office de support aux tabliers et d'écran antibruit. Suivons maintenant notre TGV jusqu'au sud de Tournai. Grâce à la courbe de raccordement de Maubray, raccordée à la ligne intérieure 78 (Tournai - Mons), les TGV peuvent également se diriger vers la frontière française via Mons.

viaduc tient compte d'un éventuel élargissement du lit de l'Escaut. Après le viaduc d'Antoing, le TGV traverse le petit village de Bruyelle en empruntant une tranchée couverte d'une longueur de 356 mètres – le dernier ouvrage d'art remarquable sur le sol belge – pour atteindre ensuite Esplechin 10 kilomètres plus loin. Il franchit alors la frontière française, vers Paris ou vers Lille, pour rejoindre Londres. Et ce, à 300 km/h, sans marquer d'arrêt ! Les conséquences positives d'une ouverture des frontières...



▲ Le viaduc d'Arbre enjambe la vallée de l'Escaut

LGV OUEST

Trajet	Durée des travaux	Investissement
Bruxelles - Paris / Londres	1993 - 1997	1,42 milliards d'euros

Trajet	Temps de parcours avant la ligne à grande vitesse	Temps de parcours avec la ligne à grande vitesse	Gain de temps
Bruxelles - Paris	1h58	1h22	36 minutes
Bruxelles - Londres	2h55	1h51	64 minutes

TRAVERSER LA FRONTIÈRE SANS HALTE Environ trois kilomètres plus loin, se dresse le deuxième ouvrage d'art en importance de la ligne TGV: le viaduc d'Antoing. Avec ses 438 mètres de long, il enjambe toute la vallée de l'Escaut. La plus longue travée mesure 120 mètres. Cela peut sembler surdimensionné pour une rivière qui fait à peine 50 mètres de large à cet endroit, mais la longueur du





▲ Une des nombreuses découvertes archéologiques : les vestiges d'une habitation mésolithique



▲ Vases en céramique de dimensions variées utilisés pour le stockage de produits alimentaires provenant de sites d'époques différentes. De gauche à droite : jarre néolithique (Remicourt, vers 5000 av. J.-C.) et ensemble d'anses ; jarre et petit pot à provision protohistoriques (Fexhe-le-Haut-Clocher, vers 500 av. J.-C.) ; amphore et pot dit « à miel » romains (Fexhe-le-Haut-Clocher, II^e-III^e siècle). Photo L. Baty[®] DPat, SPW.

Sur les traces de l'Histoire

Récemment encore, les gros chantiers étaient le cauchemar des archéologues. Les entrepreneurs ne tenaient pas compte de la possibilité de trouvailles archéologiques, et une mine d'informations précieuses disparaissait à jamais. Ces dernières décennies, les choses ont toutefois changé grâce à l'archéologie préventive ou de sauvetage. Cette branche de la science tâche d'étudier et de préserver des éléments significatifs du patrimoine pouvant être menacés par des travaux d'aménagements. Cela évite qu'ils ne soient détruits lors des travaux ou qu'ils ne redeviennent définitivement inaccessibles.

C'est ainsi que, de 1993 à 1995, des archéologues étudièrent le tracé de la future ligne Ouest du TGV. Un travail pharaonique quand on sait que d'ordinaire, de telles fouilles ont lieu sur un seul site, désigné par le maître d'ouvrage. Dans ce cas-ci, il s'agissait d'un site archéolo-

gique de 71 kilomètres de long... C'était aussi la première étude d'envergure financée par le donneur d'ordre des travaux (la SNCB de l'époque). 1,8 million d'euros furent ainsi alloués pour le trajet entre Tubize et la frontière française.

71 075 MÈTRES : DE DÉCOUVERTE EN DÉCOUVERTE

Pour étudier un tracé linéaire comme celui du futur TGV, les archéologues ont mis à nu le paysage sur une très longue distance et ont établi pour ainsi dire « la carte du passé » de la région. Ils ont dressé notamment un aperçu de l'évolution de l'environnement et des paysages à travers les siècles. Il arrive en effet que des régions parfois totalement inconnues de l'archéologie livrent ainsi leurs secrets... Prenons par exemple deux des vallées que traverse le TGV : la Dendre et l'Escaut. Les « archéologues TGV » y ont fait d'étonnantes découvertes. Dans la vallée de la Dendre, près d'Arbre,

ils ont ainsi découvert la plus ancienne preuve de l'existence d'une technique agricole peu connue dans le nord-ouest de l'Europe : le « marnage » du sol. Cette technique consiste à amender le sol par incorporation de marne (un mélange de calcaire et d'argile) pour lutter contre l'acidification. La Belgique centrale doit donc sa réputation de région agricole très fertile à des siècles d'efforts d'amendement du sol. De manière générale, les fonds de vallées couvertes de colluvions (matériaux issus de l'érosion des versants) étaient en 1993 peu connus des archéologues. La raison est simple : on effectue évidemment moins de travaux de construction sur des sols marécageux. Sur le tracé TGV long de 71 075 mètres, les archéologues ont découvert en tout 33 sites intéressants, datant de la Préhistoire aux Temps modernes. Il est bien sûr difficile de tous les citer, mais observons quatre des plus remarquables d'entre eux.



◀ Les fouilles ont permis de mettre à jour un puits de 2500 ans dans le Bois d'Attre (Hainaut)

Les fouilles ont permis de mettre à jour un puits de 2500 ans dans le Bois d'Attre (Hainaut) ▶

UNE VOIE ROMAINE Aux premiers siècles de notre ère, Turnacum, l'actuelle ville de Tournai, était un centre important de la présence romaine en Gallia Belgica. Une chaussée romaine allait de Castellum Menapiorum (Kassel, Allemagne) à Bagacum (Bavay, France) dans le sud en passant par Tournai. Cette « Autoroute de l'antiquité » existe toujours sur le territoire des villages hennuyers de Saint-Maur et Jollain-Merlin. Elle est toutefois devenue une modeste route de campagne qui porte le nom de « Chemin du Ruchau ». Les archéologues ont découvert que la route a été continuellement utilisée et modifiée de la protohistoire (période entre la Préhistoire et l'Antiquité) au XX^e siècle de notre ère. Les archéologues ont retrouvé comme vestiges de la chaussée romaine un empierrement de six mètres de large ainsi que deux rigoles d'écoulement.

TROIS MILLE ANS D'HISTOIRE OUBLIÉS Au nord de Péruwelz se trouve le village de Braffe. Un petit bourg modeste dont on parlait peu... jusqu'à l'arrivée des archéologues chargés d'étudier le tracé du TGV. Leurs fouilles révélèrent que Braffe pouvait se targuer d'une histoire qui remonte à trois mille ans. Des céramiques découvertes dans quelques fosses à déchets ont démontré

la présence d'habitations à l'âge du bronze et au début de l'âge du fer. Il s'est avéré qu'au début de notre ère, Braffe était une implantation gallo-romaine d'importance. Deux sites du Moyen Âge et du post-Moyen Âge ont révélé que Braffe fut également prospère à des époques ultérieures.

UN SITE DU MÉSOLITHIQUE Aux alentours de 8000 av. J.-C., s'achevait dans nos régions la période glaciaire. On entrain dans la période mésolithique, avec une série de grands changements au niveau du climat, de la faune et de la flore. La fonte des glaciers s'accéléra. Les steppes herbeuses firent place aux forêts de pins et de bouleaux. Dans cet environnement, les chasseurs-pêcheurs-cueilleurs du Mésolithique trouvaient tout ce dont ils avaient besoin. On ne sait pourtant pas grand-chose à leur sujet. Non pas qu'ils n'aient pas laissé de traces, mais la plupart des sites se trouvent sur des terrains sablonneux secs, souvent sur une hauteur le long d'un cours d'eau. Les sites bien conservés sont très rares sur les terrains argileux, car l'agriculture intensive les a tous détruits à partir du Moyen Âge. Les archéologues qui ont étudié le tracé du TGV firent donc une découverte exceptionnelle dans le village hennuyer de Spinoy : les vestiges d'une habitation mésolithique de dix mètres de diamètre.

Pas moins de 750 objets en silex travaillé - parmi lesquels des pointes de flèches et des armes - constituent les principales preuves de présence humaine.

UN Puits DE 2500 ANS Durant leurs fouilles dans les environs de Bois d'Attre (Hainaut), les archéologues du TGV ont découvert une structure importante. Lorsqu'ils l'eurent dégagée, ils aperçurent clairement les vestiges du cuvelage en bois d'un puits. Ils creusèrent encore et encore, jusqu'à neuf mètres de profondeur sous le niveau phréatique, et trouvèrent plusieurs éléments en bois parfaitement conservés. Malgré le ruissellement des eaux souterraines, les archéologues mirent au jour plusieurs pieux et planches du cuvelage. Au fond, à une douzaine de mètres de profondeur, ils exhumèrent de la céramique de l'époque de La Tène (de 450 au 1^{er} siècle av. J.-C.). Dans la terre dont le puits s'était rempli au fil des siècles, ils mirent à jour des objets d'usage courant en bois comme des fragments d'un seau ou la poignée d'un outil. L'intérieur du puits à également fourni de nombreux matériaux particulièrement intéressants pour l'étude de la faune et de la flore protohistoriques. L'étude dendrochronologique des parties en bois a confirmé qu'il s'agissait d'un puits de l'époque de La Tène.



Au millimètre près : un parcours sans faute pour les poseurs de voies

Aménager les voies de la nouvelle ligne TGV s'avéra être un travail de titan qui demanda en outre une précision d'horloger. Dans des délais très serrés, les poseurs de voies ont dû réaliser un tracé parfait. Parfait, car à 300 km/h, il était impératif que la voie soit impeccablement dressée et nivelée, pour le confort, mais surtout pour la sécurité des voyageurs. Il fallait à tout prix que l'ensemble constitué par le lit de ballast, les traverses et les rails soit d'une grande stabilité pour supporter les charges importantes. Pour toutes ces raisons, la construction des lignes à grande vitesse belges a été très différente de celle du réseau ferroviaire classique. Le chantier consistait en un parc de machines aux allures extraterrestres qui, après avoir réalisé l'assiette avec ses ponts et ses percements de tunnels, progressait lentement mais sûrement le long du tracé prévu. Le

chantier mobile laissait ainsi dans son sillage deux voies prêtes à recevoir tout l'équipement et l'infrastructure requis : caténaire et matériel de signalisation, de communication et de surveillance de la circulation des trains.

Vous l'aurez compris, une ligne TGV n'est pas une mince affaire ! Après les études géologiques et les travaux de terrassement préparatoires requis, un chantier mobile aménage les deux voies - A et B - de la ligne. Le processus de construction suit un schéma très strict afin que les étapes puissent s'enchaîner directement et que le timing serré soit respecté. De manière générale, la première voie (A) est construite à partir d'une voie de terrassement provisoire. Le long de celle-ci, on dépose la première couche de ballast, puis les longs rails soudés (LRS) de 288 mètres de long, et enfin les

traverses définitives. Dès que tout est en place, la voie provisoire est remplacée par les éléments définitifs. Ensuite, la deuxième voie (B) est construite de façon plus traditionnelle : tous les matériaux de construction sont acheminés via la voie A, entre-temps terminée.

COMME LES TRAINS MINIATURES... La première étape consiste à placer des éléments de voie ferrée préfabriqués. Il s'agit de panneaux de 18 mètres de long, amenés sur place à l'aide d'une grue à portique sur roues. Les modules de voie préfabriqués ressemblent à ceux des trains miniatures avec lesquels nous jouions, mais grandeur nature. Ils sont assemblés de la même manière pour former une voie provisoire de 5400 mètres de long. La voie provisoire est construite à même le terrain de fondation, sans ballast. Le ballast

est ensuite acheminé par train via la voie provisoire et répandu entre les traverses provisoires. Par la suite, la voie provisoire est soulevée, laissant apparaître en dessous une première couche de ballast de 8 centimètres d'épaisseur.

RÖBEL ET DASHOND AU TRAVAIL Un train spécial, le Röbel, achemine ensuite sur place des rails soudés de 288 mètres de long. Ces longs rails soudés sont placés

de part et d'autre de la voie provisoire. Le Dashond (un train particulièrement bas) amène ensuite les traverses définitives. Sur les deux longs rails soudés à côté de la voie provisoire circulent deux grues à portique qui soulèvent les morceaux de voie provisoire et les amènent plus loin jusqu'à la fin du chantier. Elles y sont attendues par la grue à portique sur roues qui installe les morceaux de voie provisoire à partir de l'extrémité du tracé.



▲ Le Dashond amène les traverses définitives

▼ ► Véritable travail de fourmi, la construction d'une nouvelle ligne se fait en plusieurs étapes



▼ Placement des longs rails soudés par le train spécial Röbel





◀ Les nouvelles couches de ballast sont damées et stabilisées par un outillage spécialisé

▲ Les longs rails soudés sont produits dans l'atelier d'Infrabel à Schaerbeek

JUSQU'À UN KILOMÈTRE PAR JOUR Après avoir convoyé les éléments de voie provisoire jusqu'à la grue sur roues, les deux grues à portique repartent sur les voies. Grâce à sa faible hauteur, le Dashond ne leur fait pas obstacle. Au contraire : les grues à portique font halte au-dessus du Dashond pour décharger un lot de 30 traverses définitives. Elles les déposent à l'endroit même où elles viennent d'enlever une section de voie provisoire. Le cycle entier se répète plusieurs fois par jour, et l'aménagement de la voie définitive progresse donc rapidement. Le chantier peut avancer d'un kilomètre par jour.

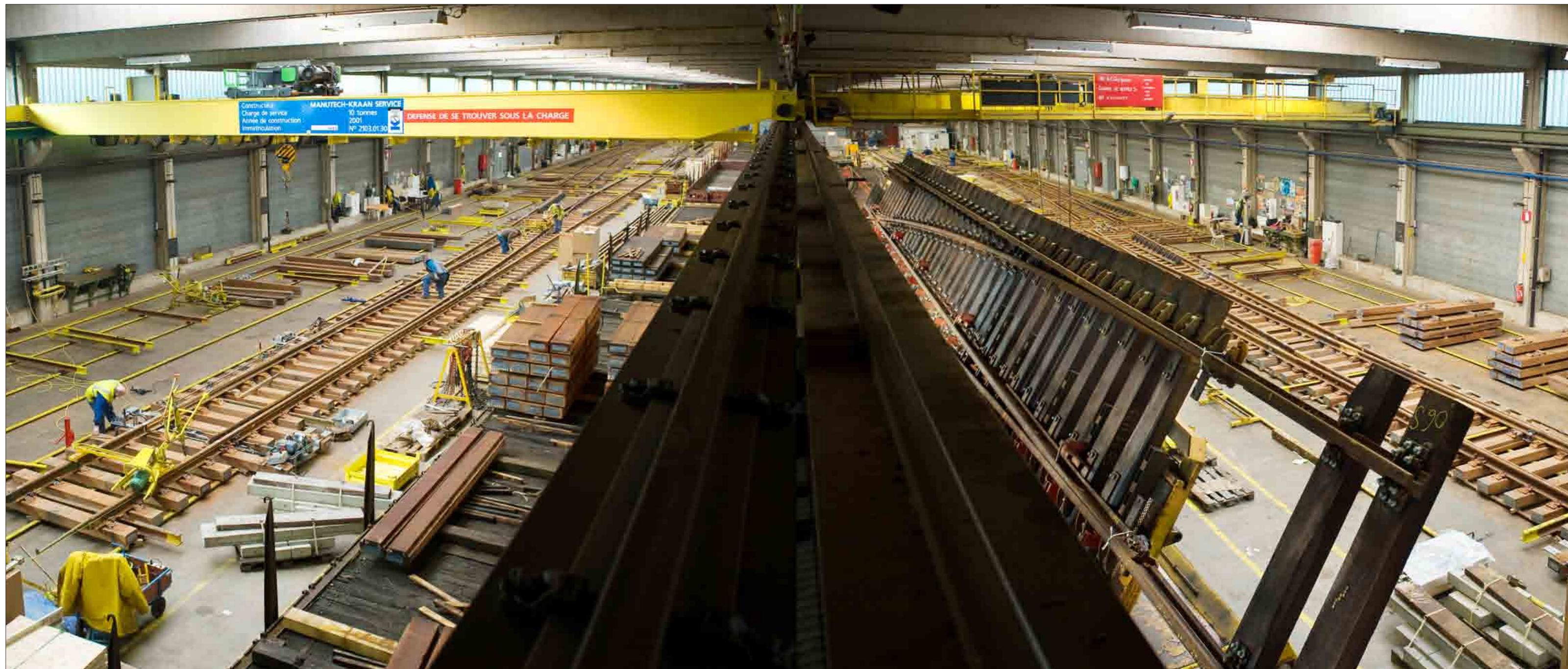
SILENCIEUX ET SANS VIBRATIONS Les longs rails soudés sur lesquels roulent les grues à portique sont alors pris par des machines de positionnement. Celles-ci conduisent les rails au bon endroit sur les traverses définitives en béton, sur lesquelles les rails vont être

fixés à l'aide de clips Pandrol (il s'agit d'« épingles » flexibles en acier spécialement conçues à cet effet). Les longs rails soudés de 288 mètres sont à leur tour soudés l'un à l'autre. Le résultat : un seul rail continu, qui permet au train de rouler sans vibrations, ce qui offre bien sûr un certain confort, mais occasionne aussi beaucoup moins de bruit.

LIT DE BALLAST: TOLÉRANCE DE 1 MM Enfin, on termine en aménageant le lit de ballast. Sept trains par jour au maximum acheminent chacun 1 150 tonnes de ballast. De quoi réaliser 6 à 7 couches de ballast au total. Après chaque déchargement de train, la nouvelle couche de ballast est damée et stabilisée. On positionne alors la voie avec précision grâce à des machines spéciales. Les tolérances sont minimales. Après la première couche de ballast, la tolérance est d'un seul centimètre.

Après la dernière couche, une précision au millimètre est requise.

UNE VOIE B CLASSIQUE La construction de la voie B (seconde voie) est bien plus classique, car tout le matériel requis est acheminé via la voie A déjà achevée. Le train Röbel décharge les longs rails soudés à proximité de l'endroit où ils seront définitivement fixés. Un train spécial - comportant un dispositif de déchargement latéral - amène la première couche de ballast depuis la voie A. Les traverses en béton sont également acheminées via cette voie. Une grue hydraulique à chenilles protégées roule alors sur la première couche de ballast et place les traverses en position. On procède ensuite à la pose des longs rails soudés et on achève le lit de ballast comme pour la voie A.



▲ Montage d'appareils de voie à l'atelier d'Infrabel à Bascoup



▲ Viaduc d'Arbre: le plus long viaduc ferroviaire d'Europe (2005 mètres)

Ponts, tunnels, tranchées et autres ouvrages d'art

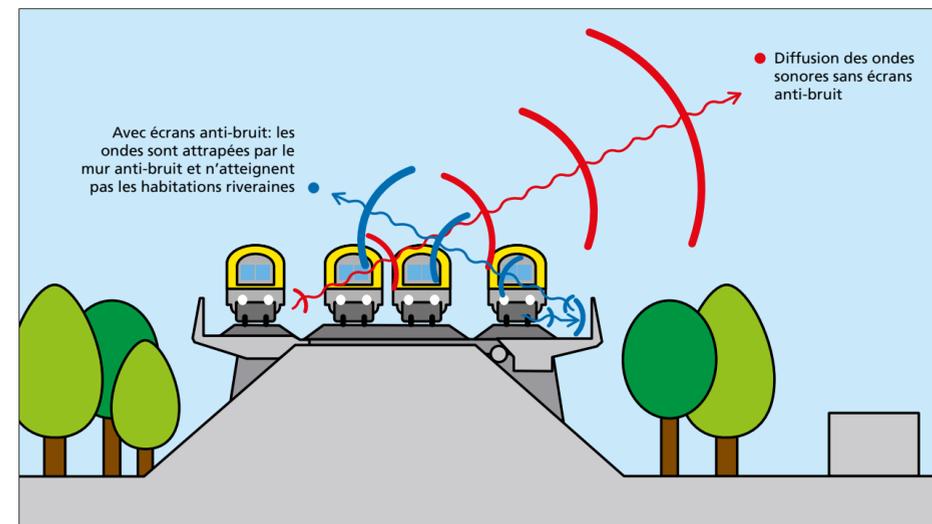
Par dessus ou par dessous ? Les ouvrages d'art qui se succèdent le long de la branche Ouest du TGV belge sont nombreux et intéressants à plus d'un titre. D'une part, pour insérer la ligne à grande vitesse entre les voies ferrées ou autoroutes existantes, les planificateurs, concepteurs et constructeurs ont dû avoir recours à de véritables tours de passe-passe. D'autre part, ils ont aussi dû s'adapter à des zones complexes, qualifiées même de « non constructibles », car marécageuses ou sujettes au tassement. En outre, ils ont également dû tenir compte de la densité de notre pays qui nécessitait de réduire au strict minimum la nuisance sonore

et la perturbation du paysage que pouvait entraîner la construction d'une LGV. Examinons d'un peu plus près les trois ouvrages d'art importants qui composent le tracé reliant Bruxelles à la frontière française.

LE VIADUC D'ARBRE: LE PLUS LONG D'EUROPE Le viaduc d'Arbre est l'ouvrage d'art le plus remarquable situé sur la branche Ouest du TGV. Il répond en effet à des exigences particulièrement complexes. Les concepteurs ont dû tenir compte d'un sous-sol très instable tout en veillant à perturber le moins possible le paysage traditionnel, et en réduisant au minimum la nuisance

sonore pour les riverains du village d'Arbre. Le résultat est une construction déployant une série impressionnante de prouesses d'ingénierie: fondations sur micropieux, travées et pièces de pont isostatiques, travées en forme de « U », câbles de précontrainte remplaçables, et absence de joint de dilatation. Autant d'innovations qui seront réutilisées plus tard dans d'autres ouvrages d'art sur le réseau à grande vitesse belge.

UN SEUL VIADUC POUR DE NOMBREUX OBSTACLES Avec ses 2005 mètres, le viaduc ferroviaire d'Arbre est le plus long d'Europe. À cet endroit, une série d'obstacles de-



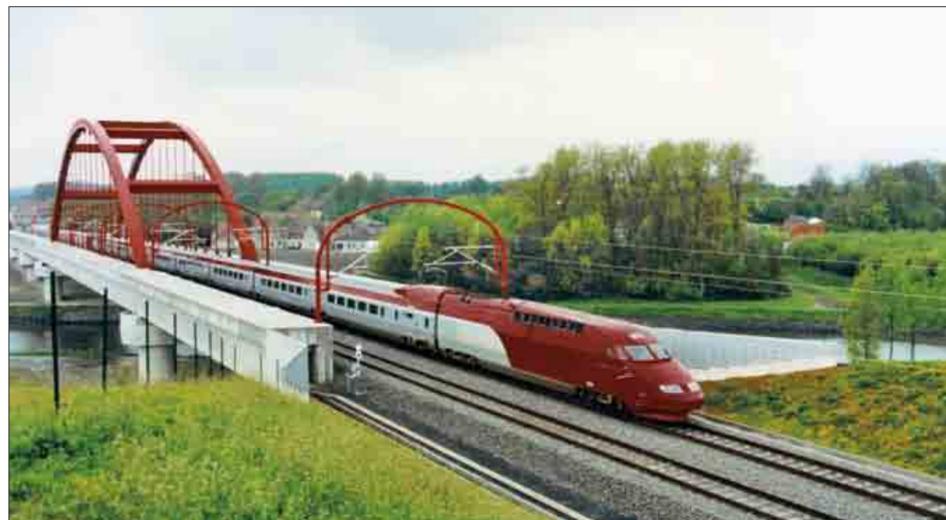
Opération Cassandra

En 1997, l'ancienne SNCB unitaire a procédé à un exercice de crise sur sa ligne à grande vitesse menant vers la France. L'exercice fut nommé « Opération Cassandra » et était l'une des étapes nécessaires en vue de l'homologation de la première ligne belge à grande vitesse. Le but de l'opération était principalement d'évaluer si tous les intervenants étaient suffisamment prêts pour pouvoir intervenir en cas d'accident sur une ligne à grande vitesse. Les passagers, essentiellement des membres de la SNCB, croyaient avoir reçu un voyage gratuit à bord du train et n'étaient donc pas au courant de l'opération. Un feu a donc été simulé à bord du train à grande vitesse. Le train fut immobilisé au milieu du viaduc d'Arbre. Les pompiers de Tournai, Ath et Chièvres participèrent à l'opération à permis d'améliorer encore nos processus de crise.

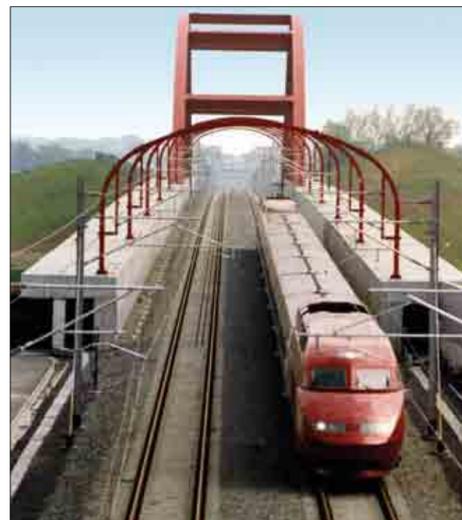
vaient en effet être franchis: la vallée de la rivière de Hunelle, un canal, la Dendre orientale, une voie ferrée et plusieurs routes. Plutôt que de construire plusieurs ouvrages d'art distincts, les concepteurs ont opté pour un long viaduc franchissant tous les obstacles d'un même élan. Il possède 36 piliers et deux culées de pont. Grâce aux tabliers en forme de « U » et à la très faible hauteur des piliers d'appui, le profil du viaduc reste très bas et la perturbation du paysage est minimale. En outre, les longerons des travées font office d'écran antibruit pour le trafic ferroviaire. Les TGV qui passent ne troublent donc pas le sommeil des habitants.

CAVITÉS KARSTIQUES Le sous-sol de la région d'Arbre est très instable. L'étude géologique préliminaire a entre autres révélé la présence de cavités karstiques à 80 mètres de profondeur. Il s'agit de cavités créées par les infiltrations d'eau dans un sol calcaire. L'eau dissout le calcaire et l'espace libéré se comble de sédiments ou d'autres résidus n'offrant aucune résistance; le risque d'effondrement de constructions lourdes - comme une assiette ferroviaire ou un viaduc - est donc bien réel. C'est pourquoi la fondation du viaduc d'Arbre a été réalisée avec des micropieux: un grand nombre de pieux souterrains fins (25 cm de diamètre maximum) en béton injecté à haute pression (15 bar) dans

une armature en acier. Ces micropieux sont enfoncés dans le sol calcaire jusqu'à 30 mètres de profondeur. Les piliers de pont les plus sollicités reposent sur une fondation de 88 micropieux. Huit d'entre eux ont un angle de 45°, pour absorber les forces latérales produites par l'accélération ou le ralentissement des trains. Le sous-sol instable explique aussi le choix d'une construction isostatique. Celle-ci permet au viaduc de rester stable même en cas d'affaissement léger. La construction ne forme pas un ensemble massif, mais est constituée de travées distinctes ayant chacune leurs points d'appui. Un affaissement éventuel ne compromet donc pas la stabilité de l'ensemble du viaduc.



▲ ► Le viaduc d'Antoing (438 mètres) enjambe l'Escaut



LE VIADUC D'ANTOING: CALCULER LARGE À la hauteur d'Antoing, la branche ouest du TGV traverse l'Escaut. La rivière fait à peine quelques dizaines de mètres de large, et pourtant le viaduc mesure 438 mètres de long. La distance des travées d'une rive à l'autre ne mesure pas moins de 120 mètres. N'est-ce pas un peu excessif ? Pas vraiment. Comme pour le viaduc d'Arbre, les concepteurs ont été confrontés à un sol instable: la vallée marécageuse de l'Escaut. Ils ont préféré l'enjamber plutôt que d'y construire une assiette ferroviaire. De surcroît, ils devaient prendre en compte l'éventualité d'un élargissement substantiel de l'Escaut dans le futur. Ils préféraient donc calculer large dès le début.

INERTIE THERMIQUE L'amorce du viaduc d'Antoing compte six travées de 53,2 mètres de long en béton précontraint. La plus longue travée mesure 120 mètres et est renfor-

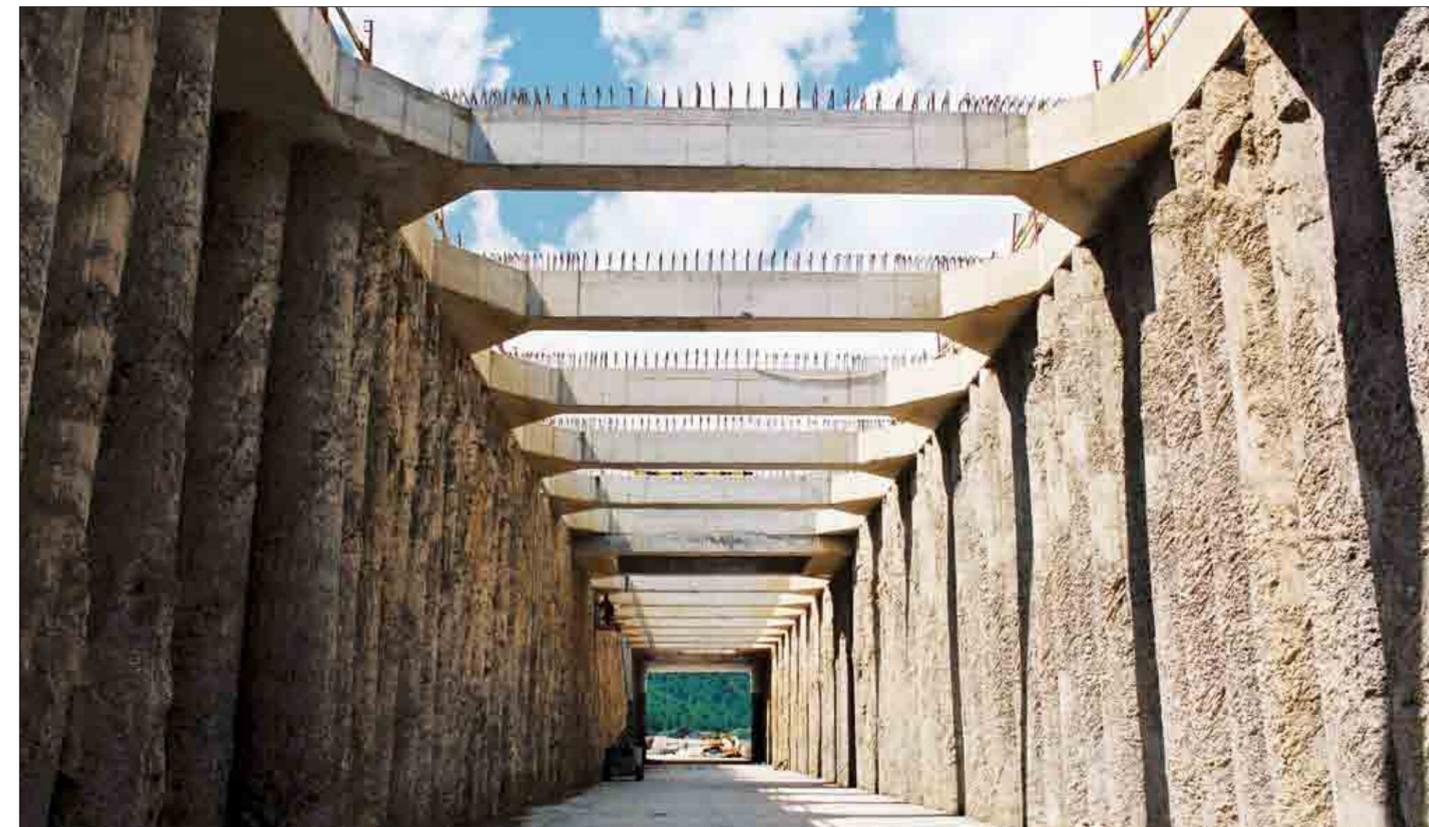
cée par une voûte en acier. Elle comprend une plaque en béton précontraint, avec des renforts transversaux faits de poutres en acier et béton préfléchies et précontraintes. Les longerons de la travée principale sont construits de façon à couvrir presque entièrement l'assiette ferroviaire, formant ainsi un écran antibruit efficace. Une construction mixte acier-béton comme celle du viaduc d'Antoing garantit une très grande rigidité. En outre, la construction est inerte thermiquement: des fluctuations de température n'entraînent pas de retrait ni de dilatation. Ceci est fondamental pour la stabilité des rails du TGV, réalisés d'un seul tenant et sans joints de dilatation.

LA TRANCHÉE COUVERTE DE HALLE: ADIEU PASSAGE À NIVEAU À Halle, la construction de la ligne à grande vitesse offrait une belle opportunité de réunifier une commune coupée en deux. En effet, depuis des décen-

nies, le quartier Sint-Rochus était séparé du centre de Halle par les lignes Bruxelles - Mons et Bruxelles - Tournai. Et le passage à niveau existant ne constituait pas une solution satisfaisante dans la pratique...

TROIS PERTUIS, SIX VOIES Comme une ligne à grande vitesse ne peut pas avoir de passage à niveau, l'ancienne SNCB fit construire à Halle une tranchée couverte. Pas uniquement pour le TGV, mais aussi pour les deux autres lignes: trois pertuis à deux voies. Le plus long des trois - qui mesure 540 mètres - est réservé aux TGV. Les deux autres mesurent 310 mètres de long et accueillent le trafic intérieur.

UNE ACCESSIBILITÉ OPTIMALE Grâce à la tranchée couverte, le passage à niveau est devenu superflu, et le centre de Halle ainsi que le quartier Sint-Rochus sont à nouveau



▲ Construction de la tranchée couverte de Halle

directement reliés. Sur le toit du tunnel et aux alentours, on a construit une toute nouvelle gare, une station d'autobus, des ronds-points, des parkings pour voitures et motos, et un garage à vélos. Le fait que les habitants de Halle doivent maintenant descendre pour prendre leur train n'est pas un problème: des ascenseurs et des escalators garantissent une accessibilité optimale aux cinq quais destinés au trafic intérieur.

SIGNALISATION AU POSTE DE CONDUITE: UN MUST POUR LES TRAINS À GRANDE VITESSE Le trajet d'un train classique est régulé à l'aide de signaux lumineux (sur le même principe que le trafic routier) que

le conducteur observe et respecte. Mais à des vitesses dépassant les 160 km/h, un tel système n'apporte plus la sécurité et la fiabilité souhaitée pour le trafic ferroviaire. Le temps de vision d'un signal lumineux est trop bref et le risque d'erreur est trop important. Il est donc nécessaire, dans un train à grande vitesse, de transmettre l'information des signaux directement au poste de conduite. Ce type de signalisation existe en différentes versions: le système français TVM (Transmission Voie-Machine), le système belge TBL2, etc. A l'heure actuelle, un nouveau système européen (ETCS) est implémenté sur un grand nombre de lignes à grande vitesse à travers l'Europe afin d'harmoniser la signa-

lisation. Avec ces systèmes, le poste de conduite du train reçoit toutes les informations dont le conducteur a besoin pour contrôler le trajet du train. Il peut s'agir par exemple de la vitesse maximale à respecter ou de l'endroit où le train doit s'arrêter. L'ordinateur de bord fonctionne en « backup ». Il intervient en actionnant le frein de secours si le conducteur dépasse la limite de vitesse ou ignore un ordre d'arrêt. L'utilisation de ces technologies permet d'obtenir à bord d'un TGV circulant à une vitesse de 300 km/h un niveau de sécurité supérieur à celui rencontré dans un train classique circulant sur une installation à signalisation lumineuse.

LA GARE DE BRUXELLES-MIDI: AU CŒUR DE LA RÉNOVATION URBAINE

Avec ses 1 200 trains et ses quelque 100 000 voyageurs par jour, la gare de Bruxelles-Midi est aujourd'hui la gare ferroviaire la plus fréquentée du pays. Le TGV y est bien sûr pour quelque chose... À partir de 1998, la gare et son quartier ont bénéficié d'une véritable métamorphose. Cette rénovation était étroitement liée à la construction des lignes à grande vitesse et à la volonté, dans le sillage du TGV, de revaloriser la gare et ses environs. Ces 5 dernières années, Infrabel a investi près de 2 millions d'euros dans la gare de Bruxelles-Midi.

Depuis la scission des chemins de fer belges (SNCB unitaire) en trois entités distinctes (Infrabel, SNCB et SNCB-Holding), la gestion des 37 grandes gares belges a été confiée par l'État à la SNCB-Holding. Une partie des gares du réseau belge sont attribuées en concession à la SNCB (177 gares). Infrabel est, quant à elle, en charge de tous les 336 points d'arrêts en Belgique. En temps que gestionnaire de l'infrastructure, Infrabel, est en outre chargée d'assurer la gestion des installations fixes nécessaires à la circulation des trains et à la

sécurité du réseau: voies, caténaire, signalisation, ouvrages d'art ... Mais, dans toutes les gares du pays, certains éléments relèvent également de la responsabilité d'Infrabel: les quais, les accès aux quais (couloirs sous voies, passerelles, escalators et ascenseurs), l'éclairage, les abris ainsi que les moyens d'information destinés aux clients (sonorisation, tableau d'affichage,...). C'est pourquoi, en plus des investissements réalisés sur les lignes, elle investit également dans les gares afin d'offrir chaque jour encore plus de confort aux voyageurs.

▼ La gare de Bruxelles-Midi dans les années 50





◀ La gare de Bruxelles-Midi : un centre multimodal ultramoderne

Lorsqu'on décida de rénover Bruxelles-Midi, l'objectif principal était de moderniser le complexe ferroviaire. On aménagea ainsi un accès pour la ligne à grande vitesse, deux nouvelles voies de quai (sans issue) pour l'Eurostar, et quatre nouvelles voies (continues) pour le Thalys et les TGV reliant Bruxelles et la France. Mais on ne s'occupa pas uniquement des lignes à grande vitesse : le réseau intérieur subit également quelques aménagements. L'accès à la ligne 50 A (Bruxelles-Gand) fut amélioré, tous les faisceaux de voies existants furent rénovés en profondeur et, pour passer du réseau haute tension à 3 000 volts (réseau intérieur) à un réseau à 25 000 volts (TGV), l'on construisit une nouvelle sous-station de traction. Une immense coupole vitrée semi-transparente vint également coiffer les quais entièrement rénovés.

D'UNE PIERRE DEUX COUPS Faire profiter l'infrastructure TGV au réseau intérieur, tel est depuis le début le fil conducteur du projet TGV belge. On l'appliqua donc aussi lors de la rénovation de la gare de Bruxelles-Midi. Les constructeurs ont ainsi veillé à ce que la nouvelle architecture de la gare simplifie aussi les correspondances entre les TGV et les trains traditionnels. Outre l'infrastructure TGV proprement dite, l'ambitieux programme de rénovation de la gare comprenait l'aménagement d'un nouveau Travel Center, de différentes boutiques, cafétérias et commerces, des cabines téléphoniques publiques, de sanitaires soignés et de confortables salles d'attente et de transit. Aujourd'hui, tant le passager du TGV que le navetteur intérieur bénéficient d'une gare moderne et aménagée pour répondre à leurs attentes.

UN CENTRE DE MOBILITÉ ULTRAMODERNE Afin d'atteindre un équilibre optimal entre les transports publics et privés, Infrabel et la SNCB ont conclu des accords efficaces avec la STIB et l'administration de la ville de

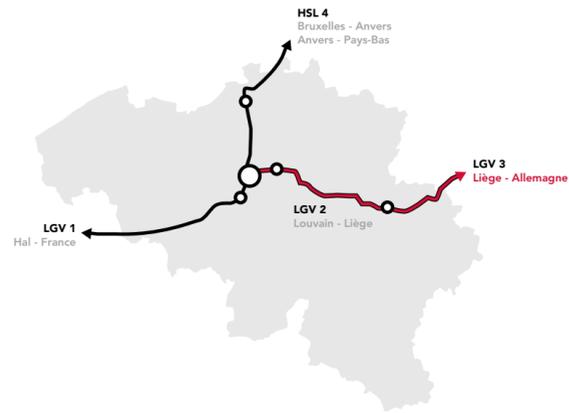
Bruxelles. L'ancienne gare de Bruxelles-Midi est devenue un centre de mobilité ultramoderne et un véritable nœud de communication offrant des correspondances aisées entre les trains, bus, métros, voitures et vélos ! Mais la gare proprement dite n'est pas la seule à avoir été rénovée... Le quartier de la gare s'est également offert un relooking. Un bâtiment administratif de six étages, harmonieusement intégré à la façade de la gare, surplombe le terminal TGV. Côté rue, devant le terminal, une longue galerie vitrée et couverte s'offre aux piétons.

Un parking souterrain pouvant accueillir 2 500 véhicules a également été construit, et au-dessus trône un nouveau bâtiment composé de bureaux et d'habitations. La revalorisation de la gare a eu des répercussions non seulement sur ses abords immédiats, mais aussi sur tout le quartier environnant.

EFFET DOMINO Un projet d'infrastructure aussi gigantesque que celui qui a été menée à la gare de Bruxelles-Midi joue naturellement un rôle crucial dans le développement de la mobilité, dans et autour de la ville. Prenons quelques exemples : une gare ayant un trafic passager accru signifie davantage de contrôle social et de sécurité...

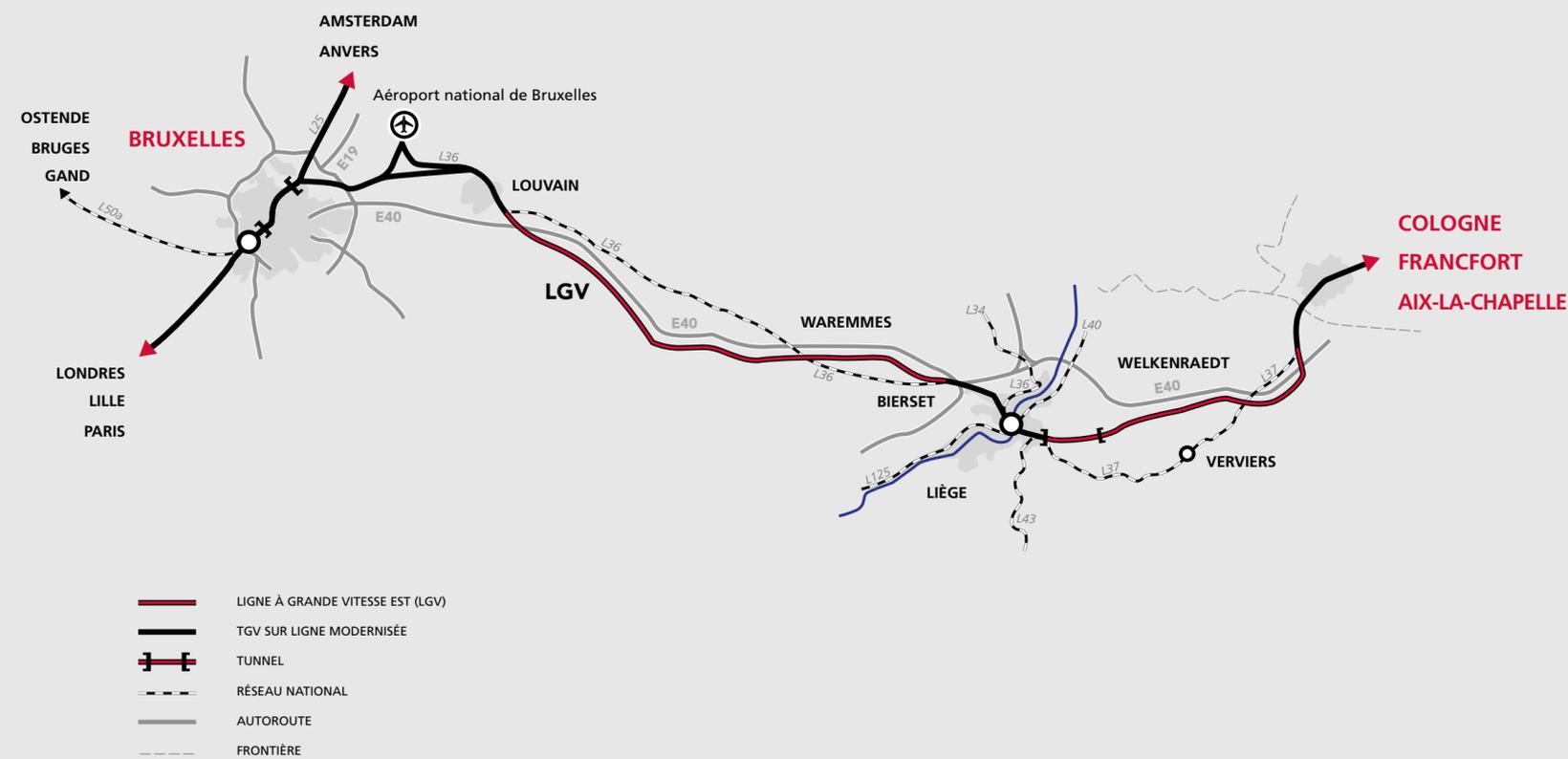
De même, les commerces locaux ainsi que les zones de PME ou de bureaux s'en trouvent dynamisés. D'une façon plus générale, il est toujours plus agréable de vivre à côté d'une gare esthétique et fonctionnelle que dans un quartier délabré. En réalité, une gare est bien plus qu'un nœud de transport fonctionnel. C'est le premier bâtiment que de nombreux visiteurs découvrent en arrivant en train. Il dessine donc en partie le paysage de la ville. Une architecture attrayante et un large éventail de services et de magasins se révèlent donc un atout majeur.

SUPPRIMER LES BARRIÈRES ARCHITECTURALES Comme nous venons de le voir, l'exemple de Bruxelles-Midi démontre qu'une gare peut être un puissant catalyseur pour la rénovation d'un quartier. Mais revenons un instant sur l'histoire des chemins de fer belges. L'emplacement et l'agencement de la plupart des gares n'ont pas changé depuis le XIX^e siècle. Hormis des têtes de ligne comme l'ancienne Antwerpen-Centraal ou Bruxelles-Central, dans la plupart des cas, l'avant de la gare est esthétique, tandis que l'arrière (l'endroit où passent les voies) est plutôt disgracieux. La jolie façade était jadis orientée vers les quartiers prestigieux, le reste de la ville devant se contenter de l'arrière. C'est ainsi qu'une barrière architecturale est née entre le quartier « prisé » et le quartier « moins privilégié » de la ville. Toutefois, depuis les années 1990, le vent tourne. Le monde politique prend petit à petit conscience de l'importance des transports en commun. Les villes, les promoteurs immobiliers et le groupe SNCB coopèrent de plus en plus pour revaloriser les gares et leurs abords. La gare de Bruxelles Midi fait office de pionnière en la matière.



03

De Bruxelles à la frontière allemande



LE TRACÉ TGV EST

Effet maximal, impact minimal

La branche Est du réseau à grande vitesse belge reliant Bruxelles à la frontière allemande s'étend sur 139 km et traverse Liège et Louvain. Le tracé relie d'abord Bruxelles à Louvain via une ligne existante rénovée. Après Louvain, une ligne à grande vitesse (300 km/h) - terminée en 2002 - longe l'autoroute E40 vers Liège. Le TGV traverse ensuite Liège en empruntant à nouveau une ligne existante classique. La volonté des constructeurs était en effet de minimiser l'impact sur l'espace ouvert, tant dans le Brabant flamand que wallon. Après Liège, il y avait suffisamment de place pour insérer une nouvelle ligne à grande

vitesse. Celle-ci longe à nouveau l'E40. En passant par quelques ouvrages d'art impressionnants - dont le plus long tunnel ferroviaire de Belgique - car la région présente, en effet, un relief assez accidenté. Les TGV filent alors à 260 km/h en direction de la frontière allemande. Il suffit désormais d'1h57 pour rejoindre Cologne au départ de Bruxelles ! La nouvelle ligne à grande vitesse est empruntée par deux types de trains très proches, dont les concepts sont pourtant très différents : le train à grande vitesse français TGV (dont le Thalys et l'Eurostar sont les descendants directs) et son homologue allemand l'ICE. Le dernier tronçon

de cette ligne a été inauguré le 12 juin 2009. Un projet colossal de 1,51 milliards d'euros.

BRUXELLES-LOUVAIN : TGV ET TRAINS IC SUR LA MÊME

LIGNE De Bruxelles à Louvain, la ligne TGV est un bel échantillon de Realpolitik. Dans cette région densément bâtie et peuplée, il n'était pas envisageable de faire rouler un TGV exclusivement en site propre. Les chemins de fer ont donc opté pour la mise à quatre voies de la ligne existante (initialement composée de deux voies). Ce qui a permis de faire d'une pierre deux coups : développer le projet TGV et améliorer les lignes classiques (Bruxelles-Liège-Eupen) car les TGV et les IC roulent sur les mêmes voies... Ils relieront ainsi bientôt tous Bruxelles à Louvain en vingt minutes à peine, à une vitesse de 200 km/h (160 km/h actuellement). Les travaux sur la ligne Bruxelles-Louvain ont débuté en 2002 et ont duré trois ans. À côté de cela, tous les passages à niveau ont été remplacés par des passages souterrains et/ou des passerelles pour piétons supplémentaires, ce qui a considérablement réduit l'« effet de barrière » de la voie ferrée dans de nom-

breuses communes. Grâce à cette approche, l'impact sur l'espace ouvert en Brabant flamand et wallon a été réduit au minimum. À hauteur de Louvain, le TGV rejoint la nouvelle ligne à grande vitesse Louvain-Liège. Celle-ci longe l'autoroute E40 et a été achevée en 2002. Pour traverser Liège, le TGV utilise ensuite la ligne existante de Ans à Chênée. A la sortie de Liège, il emprunte une nouvelle ligne à grande vitesse (longeant l'E40) et, juste avant d'atteindre la frontière allemande, il rejoint à nouveau la ligne existante.

UN INVESTISSEMENT HUMAIN ET ENVIRONNEMENTAL

Soucieux d'inclure leur travail dans une démarche environnementale, les constructeurs ont pris soin d'imaginer, en collaboration avec des experts indépendants, une panoplie de solutions visant à intégrer au mieux la nouvelle ligne à grande vitesse dans les sites traversés. La protection de la zone choisie était en effet une priorité à respecter à tout prix. Une étude approfondie d'impact sur l'environnement a donc été réalisée et a permis d'évaluer les conséquences de chaque mètre de voie inséré. À côté de cela, chaque étape de la construction de la nouvelle ligne - de la planification à la finition - a été réalisée en étroite concertation avec les riverains et les autorités régionales. Pour vous donner une idée : environ un million de m³ de terre ont finalement été déblayés ! Vous l'aurez constaté, on ne badine pas avec l'environnement chez Infrabel ! En termes d'investissements, le tronçon Liège - frontière allemande aura coûté quelque 830 millions d'euros.

CURIOSITÉS GÉOLOGIQUES La région entre Louvain et Liège comprend une série de particularités géologiques défavorables qu'il fallait prendre en compte pour construire la nouvelle ligne à grande vitesse. Au rang de



▲ Dans un souci environnemental, la LGV Est s'intègre au mieux dans les sites traversés

LGV EST

Trajet	Durée des travaux	Investissement
Bruxelles - Liège	1998 - 2002	680 millions d'euros
Liège - Frontière allemande	2001 - 2009	830 millions d'euros

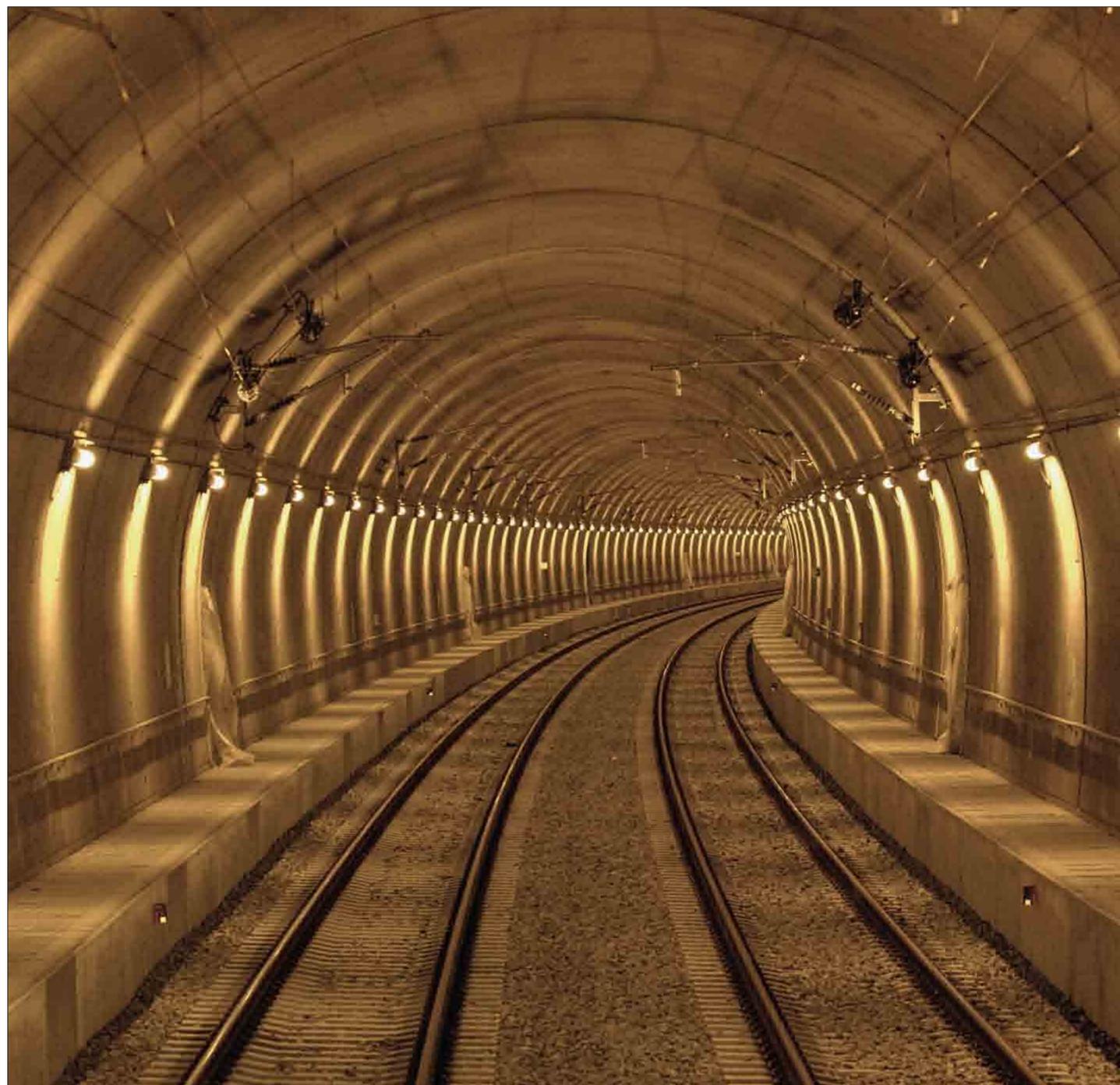
Trajet	Temps de parcours avant la ligne à grande vitesse	Temps de parcours avec la ligne à grande vitesse	Gain de temps
Bruxelles - Cologne	2h33	1h57	36 minutes

▼ ► Construction de la Ligne à Grande Vitesse le long de l'E40 vers Liège



▼ Le viaduc de José (405 mètres)





◀ Le plus long tunnel ferroviaire de Belgique (6,5 km) : le tunnel de Soumagne

ces particularités, quelques mines de phosphate très anciennes entre Tirlémont et Liège n'avaient par exemple jamais été répertoriées. Entre Liège et la frontière allemande, on a également trouvé d'anciennes mines de charbon et des zones karstiques (pour rappel, il s'agit de zones où des couches de calcaire souterraines ont été dissoutes par les infiltrations d'eau, et donc sujettes aux affaissements). Sur ce tronçon, on a donc coulé sous l'assiette une dalle de béton de 5 400 mètres de long afin de prévenir d'éventuels affaissements.

UN NOUVEL ESSOR POUR LIÈGE Reprenons le parcours effectué par notre TGV... Une fois entré dans l'agglomération liégeoise, il quitte la ligne à grande vitesse et emprunte une voie existante entièrement revalorisée. Il s'arrête à la nouvelle gare de Liège-Guillemins, une œuvre spectaculaire réalisée par le célèbre architecte espagnol Santiago Calatrava. Ce projet ambitieux pour la gare était aussi un projet unique de revalorisation d'une importante partie de la ville de Liège. Après Liège, le TGV suit pendant quelques minutes la ligne 37 Liège - Verviers -

Welkenraedt - Aix-la-Chapelle, conçue pour une vitesse maximale de 120 km/h. À partir de Chênée, il bifurque sur une nouvelle ligne à grande vitesse construite en site propre. Après avoir traversé la Vesdre, le TGV peut accélérer jusqu'à 180 km/h après la bifurcation de Vaux-sous-Chèvremont, pour atteindre Soumagne. Il y traverse un tunnel ferroviaire de 6,5 km de long - le plus long de Belgique - pour pouvoir entamer la montée vers le plateau de Herve avec le bon angle d'inclinaison.

OUVRAGES D'ART Le TGV traverse le tunnel d'un trait à 200 km/h, remonte à la surface et parcourt plusieurs vallées et routes locales dans une zone très urbanisée. Ceci a nécessité la construction de très nombreux ouvrages d'art : tranchées couvertes, ouvertes et viaducs. À la hauteur de José, la ligne à grande vitesse longe à nouveau la E40. Elle passe sur un viaduc de 405 mètres de long, parallèle au viaduc autoroutier. Entre José et Welkenraedt, le TGV traverse le viaduc de Herve (470 mètres) et celui de Battice. Ce dernier est un édifice de plus de 1 300 mètres de long, nécessaire pour traver-

ser l'échangeur de Battice entre les autoroutes E40 et E42. Après Welkenraedt, à Walthorn précisément, la LGV rejoint à nouveau la ligne 37 modernisée. C'est ici que l'on trouve le dernier ouvrage d'art remarquable avant la frontière allemande : le viaduc de Hammerbrücke, qui remplaça en 1999 son prédécesseur fait de briques et d'acier. Ce dernier n'était pas assez résistant pour supporter les forces déployées par un TGV roulant à 160 km/h.

DES TGV, MAIS PAS SEULEMENT Le dernier tronçon de LGV entre le viaduc de Hammerbrücke et la frontière allemande fait à peine 3 km. Le TGV entre en Allemagne à 160 km/h, et arrive à Cologne 1 heure et 57 minutes exactement après avoir quitté Bruxelles. Mais ce n'est pas le seul train qui utilise la branche Est du TGV. Nous avons vu plus haut qu'entre Bruxelles et Louvain, les trains IC Bruxelles-Liège-Eupen roulent sur les lignes à grande vitesse à 200 km/h. Ils maintiennent cette allure sur le tracé qui longe la E40 jusque Liège. En final, seul le tronçon après Liège est exclusivement réservé aux TGV internationaux Thalys et ICE.

Le tronçon	Timing	Investissement
Bruxelles - Liège: L2	1998 - 2002	680 millions d'Euros
Frontière Allemande	2001 - 2009	830 millions d'Euros

Soumagne

Un exemple illustre parfaitement l'importance qu'Infrabel accorde à la sécurité sur ses lignes à grande vitesse. Lors de la construction du plus long tunnel ferroviaire en Belgique, Infrabel a consenti des investissements considérables afin de prévenir toute éventuelle catastrophe. Dans ce tunnel long de 6,5 km, les ingénieurs d'Infrabel et de TUC RAIL ont ainsi prévu 129 niches techniques (comportant eau, téléphone, lumière et alimentation électrique) ainsi que 2 quais de débarquement sur toute la longueur du tunnel. Une réserve d'eau de 500 m³ est également disponible en cas d'incendie ainsi qu'un système de détection d'incendie des deux côtés des voies et deux sorties de secours. 3 millions d'euros ont également été investis afin de s'équiper de véhicules performants permettant aux pompiers de se déplacer aussi bien sur les rails que sur la route en cas d'incendie.

Les chemins de fer ont également financé une vaste campagne de fouilles archéologiques sur le tracé de la branche Est du réseau à grande vitesse belge. Ils ont déboursé à cet effet un forfait de 34 705 euros par kilomètre. Même si les trois régions linguistiques étaient concernées par les fouilles, cela n'a posé aucun problème. Au contraire: entre Hélécin et Liège par exemple, les archéologues flamands et wallons ont pu comparer leurs découvertes et les résultats de leurs recherches. La ligne à grande vitesse y franchit en effet plusieurs fois la frontière entre les deux Régions, et les deux équipes ont travaillé en étroite collaboration.

De 1995 à 2003, les archéologues ont passé au peigne fin le futur tracé du TGV Est. La mise en œuvre du projet a réclamé un gros effort de coordination, car quatre organisations différentes y prenaient part. Côté flamand, la province du Brabant flamand, l'Institut voor het Archeologisch Patrimonium (l'actuel Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed - l'Institut flamand du Patrimoine immobilier) et l'asbl vzw IGO Leuven (qui a fourni des ouvriers et assuré la logistique), et côté wallon - la région germanophone comprise - la Direction des Fouilles de la Région Wallonne, veillaient au bon déroulement des opérations. Comme pour les deux autres branches du réseau à grande vitesse, l'importance de l'opération archéologique était fortement liée au côté rectiligne du tracé. L'étude a fourni une carte archéologique de la région entre Bruxelles et la frontière allemande dont le résultat est particulièrement intéressant. Outre quelques villas romaines, des objets de l'Age de la pierre, du fer et du bronze furent mis à jour ainsi qu'un campement de Néanderthaliens vieux de 80 000 ans. Attardons nous sur deux des sites parmi les plus remarquables.

LES FRESQUES GALLO-ROMAINES DE HOEGAARDEN-GOUDBERG Sur la Goudberg, une colline située aux alentours de Hoegaarden, les archéologues du TGV ont redécouvert une villa gallo-romaine du I^{er} siècle. Redécouvert, car le site avait déjà été localisé dans les années soixante du siècle dernier. En 1970, une partie de la villa avait disparu sous l'assiette de l'autoroute E40, réalisée malheureusement sans fouilles archéologiques. Au cours des années 80, des archéologues tentèrent une première fois de travailler sur le site, mais en restèrent toutefois aux fouilles expérimentales. Plusieurs objets furent ainsi découverts, mais le plan de base de la villa resta enfoui. Puis vint le TGV... Durant l'été 1998, un site de 5 400 m² fut ratissé. C'est alors que le plan complet de la villa apparut: 21 mètres de large sur 34 mètres de long... Deux galeries parallèles entouraient une grande pièce centrale ainsi qu'une série de petites pièces, certaines étant ornées de peintures murales. 1298 fragments de stucage de couleurs et de formes très variées en témoignent. L'analyse des colorants utilisés révéla un détail étonnant: le pigment de la peinture bleue était du glaucophane, une substance que l'on ne trouve habituellement pas dans nos contrées. Il est probable que les fresques de Hoegaarden aient ainsi été réalisées par un peintre itinérant qui avait emporté ses propres pigments, ce qui était assez courant à l'époque. Des comparaisons avec des fresques d'autres provinces septentrionales de l'empire romain révèlent que celles de Hoegaarden datent de la fin du premier siècle de notre ère. Les fouilles sur la Goudberg permirent d'élucider une autre énigme de la région. Les murs de l'église Sint-Lambertus du village voisin d'Overlaar comportent des fragments de tuiles et de briques romaines en quartzite de Rommersom, provenant sans doute du site de Goudberg. Selon les archéologues, les habitants quittèrent la villa romaine au deuxième

siècle, fuyant les nombreuses invasions barbares; puis le bâtiment tomba en ruine. Lorsqu'on construisit l'église Sint-Lambertus, au dixième siècle, on utilisa cette ruine pour s'approvisionner en matériaux de construction prêts à l'emploi et gratuits.

LES NÉANDERTHALIENS DE REMICOURT Il y a 80 000 ans, un groupe de chasseurs préhistoriques s'installa quelque part entre les villes actuelles de Tirlemont et de Liège. Ils ne tardèrent pas à traquer des bœufs musqués, les aurochs, les rennes et autres grandes proies, mais ils laissèrent des traces manifestes de leur passage sur leur lieu de campement. Elles furent découvertes par une équipe d'archéologues étudiant le tracé de la future ligne à grande vitesse Louvain - Liège. Les chasseurs en question étaient des Néanderthaliens. Contrairement à ce que l'on croit souvent, le Néanderthalien n'est pas un ancêtre de l'homme moderne. Il vivait il y a entre 150 000 et 30 000 ans en Europe, au Moyen-Orient et en Asie centrale. Les hommes de Cro-Magnon, nos ancêtres directs partis d'Afrique, ont commencé à peupler l'Europe il y a 40 000 ans. On ignore si l'apparition de l'homme de Cro-Magnon et la disparition du Néanderthalien sont liées; on sait par contre qu'ils ont coexisté pendant environ 10 000 ans. Le site archéologique de Remicourt remonte à environ 80 000 ans. Cette période s'appelle le Paléolithique, le début de l'Age de la pierre. Il est très rare qu'un site aussi ancien soit aussi bien conservé: après autant de temps, la plupart des matériaux organiques disparaissent. De plus, les vestiges sont enfouis bien plus profondément que les vestiges plus récents. La découverte de Remicourt n'était pourtant pas l'effet du hasard, car les archéologues cherchaient des sites paléolithiques de façon très méthodique. Ils sont partis du principe que les gens de cette époque utilisaient surtout du silex pour fabriquer des objets d'usage



▲ Les archéologues ont passé au peigne fin le futur tracé du TGV Est



▲ Ensemble de céramiques déposées dans une fosse localisée en bordure d'un habitat romain (Fexhe-le-Haut-Clocher). Offrande sans doute dédiée aux divinités de la terre pouvant être datée entre 180 et 230 apr. J.-C. Photo G. Focant © DPat, SPW.

courant. Ils ont donc pris des échantillons de sol sur toute la longueur du tracé Est du TGV, et lorsqu'ils trouvaient une concentration de silex élevée, ils creusaient plus profondément, jusqu'à 5 mètres. Trois zones semblaient très prometteuses. C'est sur le site de Remicourt, dans le sud de la Hesbaye, que les archéologues trouvèrent le gros lot: des vestiges remarquablement conservés d'un campement de Néanderthaliens. La découverte est d'autant plus remarquable que de tels campements étaient habituellement construits dans des grottes. Le

site de Remicourt a apporté de nouvelles informations précieuses concernant le mode de vie des Néanderthaliens. Les archéologues ont notamment retrouvé sur une surface d'à peine 2 m² de nombreux restes de bois et d'os, des matériaux organiques qui ont forcément été brûlés pour être conservés aussi longtemps. Les chasseurs néanderthaliens ont donc fait du feu à cet endroit. En utilisant des os comme combustible? Tout porte à le croire. Beaucoup de fragments d'os avaient une structure

spongieuse, et cette partie de l'os contient beaucoup de graisse et brûle donc bien. L'examen des traces d'utilisation semble confirmer cette théorie. En effet, quelques morceaux de silex trouvés sur le site semblent avoir été utilisés pour briser les os. Autant d'indices qui confirment la thèse selon laquelle les Néanderthaliens avaient l'habitude d'utiliser des morceaux d'os gras comme combustible.

La caténaire: haute vitesse, haute tension

Nous avons décrit dans un précédent chapitre comment construire les voies d'une ligne à grande vitesse. Mais les travaux ne s'arrêtent pas là... Les TGV sont propulsés par des moteurs électriques qu'il faut évidemment alimenter. Les premiers « utilisateurs » de la nouvelle voie à grande vitesse sont donc les équipes qui viennent installer la caténaire. Avec des locomotives diesel, elles amènent des milliers de poteaux caténaires et des dizaines de kilomètres de câble. L'installation est relativement simple, similaire, à peu de chose près, à celle d'une ligne de chemin de fer classique.

DE 3 000 À 25 000 VOLTS En Belgique, un train classique utilise un courant continu de 3 000 Volts. Mais, dans

notre pays ainsi que dans une grande partie de l'Europe, la tension électrique pour les TGV est de 25 000 Volts en courant alternatif. Pourquoi ? D'une part, parce que lorsque l'intensité du courant est plus importante, il y a moins de pertes de courant dues à la résistance des câbles. C'est pour cette raison que l'on recourt à la haute tension pour transporter l'énergie électrique sur de grandes distances. D'autre part, parce qu'une tension élevée permet de fournir une puissance plus importante, indispensable pour un train roulant à plus de 300 km/h. La différence entre le courant continu et le courant alternatif joue également un rôle. Le courant continu permettait traditionnellement un équipement de bord plus simple. En revanche, avec le courant alternatif, c'est l'appareillage électrique qui peut être simplifié.

La tension est amenée via la caténaire à une hauteur de 5 mètres au-dessus du niveau du rail. Au vu des intensités nécessaires pour alimenter les convois sous 25 000 Volts en courant alternatif, la caténaire d'une ligne à grande vitesse se compose d'un seul fil de contact au lieu des deux présents sur la caténaire à 3 000 Volts en courant continu. La circulation à haute vitesse demande en outre une caténaire rigide, mais légère, ce que permet le fait d'avoir un seul fil de contact.

UN FIL DE CONTACT PLUTÔT QUE DEUX Comme appliqué plus haut, les lignes à grande vitesse sont immédiatement reconnaissables à leur fil de contact unique. Avec une tension très haute de 25 000 Volts, un fil assez mince de 150 mm² (et une surface de contact relative-

ment faible entre le fil et le pantographe) suffit pour transmettre des puissances importantes au train. Sur le réseau des LGV, le fil de contact se trouve en deux variantes. Sur les tronçons où le TGV ne dépasse pas les 250 km/h, on utilise un câble en alliage de cuivre et d'argent. Pour les vitesses supérieures à 250 km/h, on utilise un alliage de cuivre et de magnésium. Celui-ci résiste mieux à l'usure et peut être tendu davantage, ce qui est absolument indispensable pour un bon contact entre le pantographe et le fil à une vitesse de 300 km/h. En outre, le fil de cuivre-magnésium résiste mieux à la chaleur, ce qui n'est pas accessoire lorsqu'on sait qu'un TGV au démarrage a besoin d'une puissance telle que le fil de contact est sujet à un échauffement ponctuel très important.

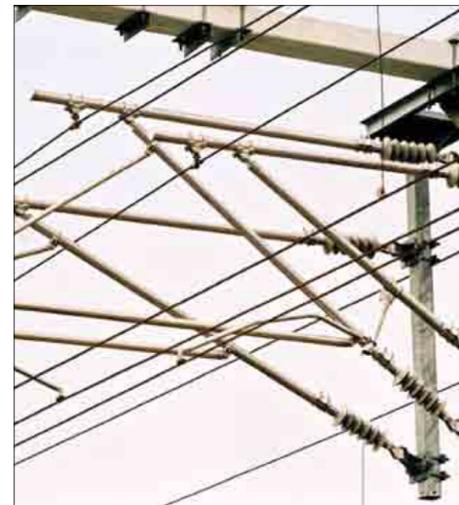
ZIGZAGS Il est essentiel que tous les câbles de la caténaire soient parfaitement tendus pour garantir un contact ininterrompu avec le pantographe du train. Le fil de contact est suspendu aux poteaux caténaires par un câble porteur, et suit une ligne horizontale en zigzag. À chaque poteau, la position de la ligne caténaire varie donc latéralement. Le pantographe s'use ainsi uniformément sur une certaine largeur, puisque le fil de contact le parcourt dans un va-et-vient sur toute la largeur du pantographe. Sans cette ligne qui zigzague, la ligne caténaire creuserait rapidement un profond sillon dans la rchette du pantographe. Un TGV qui roule à pleine vitesse n'utilise par ailleurs qu'un seul pantographe. Si l'on utilisait deux pantographes, le dernier serait trop perturbé par les vibrations causées par le premier au niveau de la caténaire. Dans le cas des trains à grande

vitesse comme le TGV ou le Thalys circulant en unité simple, avec une locomotive à l'avant et à l'arrière, ce problème a été résolu en utilisant uniquement le pantographe de la locomotive arrière à une vitesse de 300 km/h. La locomotive avant est alimentée en courant via un câble à haute tension fixé sur toute la longueur du toit du train. Les Thalys ou les TGV circulant en unités multiples et les Eurostar, qui sont des convois ayant une longueur de 400 mètres, circulent en utilisant deux pantographes. Sur les tracés classiques ou mixtes, en revanche, les moteurs ultra-puissants d'un TGV ont besoin des deux pantographes. La raison en est simple : à 3 000 volts, un pantographe ne peut à lui seul transmettre la puissance requise.

▼ A pleine vitesse, un TGV n'utilise que le pantographe arrière



▼ La caténaire d'une ligne à grande vitesse se caractérise par la présence d'un seul fil de contact



▼ Des ouvriers d'Infrabel travaillent aux caténaires



▼ La tension électrique pour les TGV est de 25 000 Volts en courant alternatif



Concevoir et construire en misant sur l'avenir

La ligne à grande vitesse à l'est de Liège a été en grande partie construite dans une zone relativement « vierge ». Un projet orienté vers l'avenir comme celui du TGV impliquait cependant une gestion respectueuse de l'environnement humain et naturel. C'est pourquoi une impressionnante série de viaducs, tranchées et tunnels intègre harmonieusement la ligne à grande vitesse dans le paysage traversé. Voyons plus en détail les édifices les plus remarquables.

LE TUNNEL DE SOUMAGNE: DE 80 MÈTRES PAR SEMAINE À 200 KM/H Entre Liège et la frontière allemande, à la

hauteur de Soumagne, le TGV grimpe vers le plateau de Herve. Une ascension difficile sur un flanc de colline escarpé qui passe de 90 à 210 mètres d'altitude. Trop escarpé pour une ligne à grande vitesse: résultat, il a fallu construire le tunnel de Soumagne (le plus long tunnel ferroviaire de Belgique). Le tracé passe donc sous la colline. Dans le tunnel, il grimpe très progressivement et refait surface quelques kilomètres plus loin, au-delà de la crête.

SUR QUATRE FRONTS Aujourd'hui, le TGV traverse le passage de 6 530 mètres de long à 200 kilomètres/heure.

Mais la construction du tunnel fut nettement plus lente. Les ouvriers progressaient de 80 mètres par semaine, en travaillant jour et nuit. Pour gagner du temps, ils creusaient sur quatre fronts: à partir des extrémités à Vaux et Ayeneux, et dans les deux directions depuis un puits d'accès de 30 mètres de profondeur situé aux deux tiers du tracé. Entre 2001 et 2005, 825 000 m³ de roche et de terre ont ainsi été déblayés. Une bonne partie se trouve aujourd'hui disposée ailleurs dans l'assiette surélevée de la LGV vers l'Allemagne.

▼ Lors de la construction du tunnel de Soumagne, les ouvriers ont progressé de 80 mètres par semaine

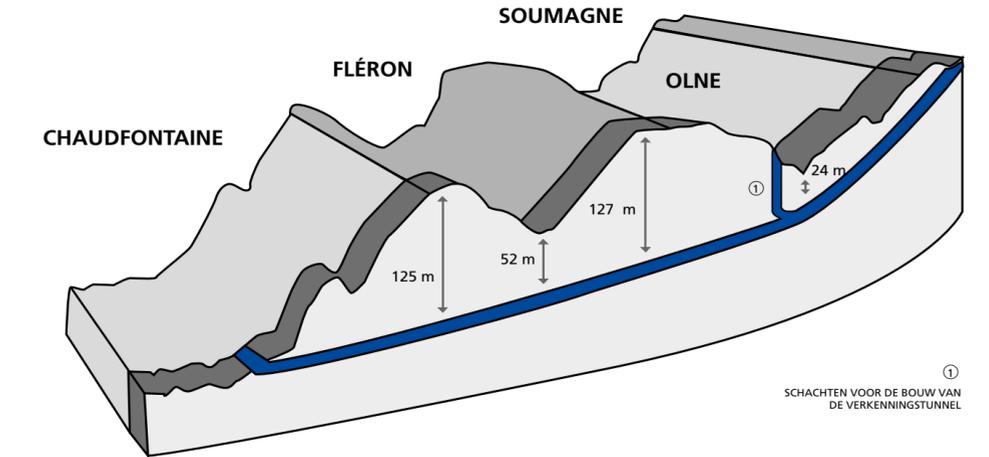


▼ Ingénieurs et ouvriers posent lors de la fin de la percée du tunnel



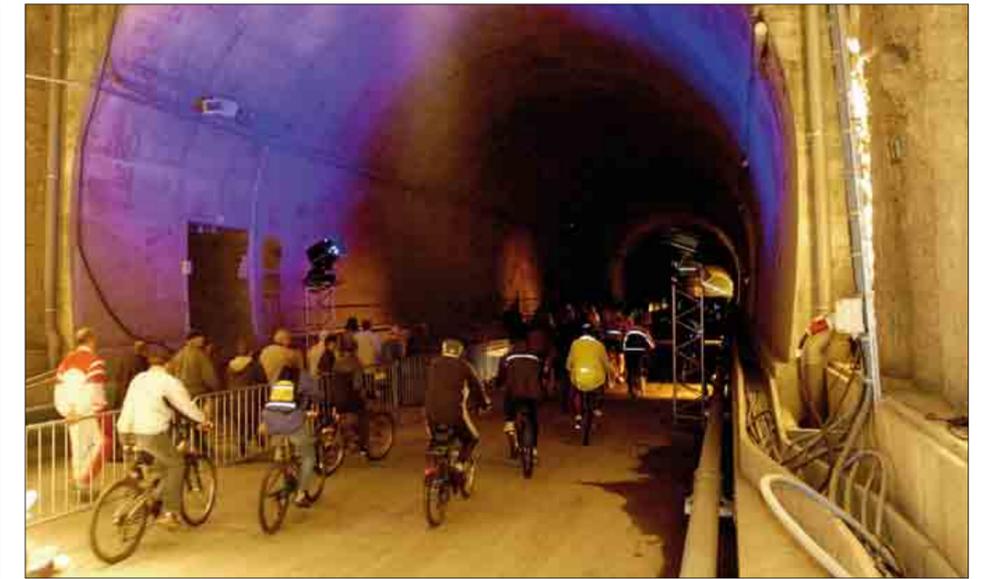
LA TRANCHÉE COUVERTE DE CHAINEUX À hauteur de Chaineux, la ligne à grande vitesse passe dans une tranchée couverte qui longe l'autoroute. La construction en béton de la tranchée est encastrée au pied du profond talus, ce qui en garantit la stabilité. 17 mètres plus haut, sur le talus, on trouve une route parallèle à la ligne à grande vitesse. Ici, la tranchée couverte permet d'éviter que des voitures quittant la route ne se retrouvent sur la voie du TGV. Détail remarquable: les voies n'ont pas été posées sur une assiette classique, car le sous-sol abrite quelques vieux sites miniers dont on ignore l'emplacement exact. Pour éviter d'éventuels affaissements, on a donc opté pour une dalle en béton armé.

▼ L'entrée du tunnel de Soumagne



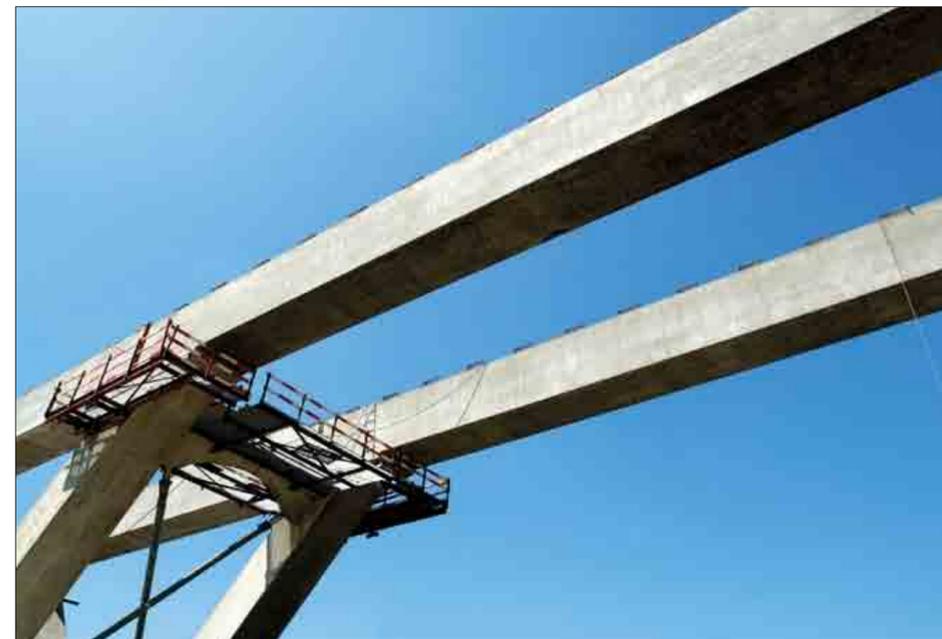
▲ Ce schéma illustre la complexité du dénivelé dans la région du plateau de Herve

▼ Le tunnel en fête: pendant un week-end, riverains et curieux ont pu visiter le tunnel à vélo ou à pied





▲ La réalisation du viaduc de Battice (1332 mètres) compte parmi les travaux les plus complexes



▲ ► Détail de la construction du viaduc de Battice



LE VIADUC DE BATTICE Cet ouvrage de 1332 mètres de long devait répondre à un cahier des charges particulièrement complexe. Tout d'abord, le viaduc franchit des obstacles situés à différentes hauteurs : l'échangeur E40 - E42 avec ses boucles et ses viaducs, et la route Verviers - Prüm qui traverse ici l'autoroute E40. En deuxième lieu, la hauteur devait rester minimale. L'impact paysager du nœud routier était déjà considérable et les riverains ne voulaient pas que le viaduc ferroviaire aggrave la situation. Enfin, le viaduc se trouve dans une région qui est parfois sujette à des secousses sismiques. Le viaduc de Battice surplombe donc l'échangeur autoroutier de Battice entre la E40 et la E42. La position des

pilliers a été presque entièrement dictée par le « nœud de spaghettis » qui se trouve en contre-bas. La tâche n'était pas simple, car pour limiter la hauteur du viaduc ferroviaire au minimum, on a utilisé des travées courtes, et donc davantage de piliers. La distance qui sépare le dessous du viaduc de la chaussée des parties les plus élevées de l'échangeur correspond à la hauteur de sécurité minimale prescrite. Grâce aux travées courtes, le profil du viaduc a pu être maintenu très bas. Par le passé, des secousses telluriques avaient lieu fréquemment dans la région de Battice. La ligne à grande vitesse a donc été calculée en tenant compte de l'activité sismique potentielle maximale, autrement dit d'un véritable tremblement de terre.

Tout l'édifice a été conçu de façon à offrir une résistance maximale aux chocs. Cela signifie non seulement qu'il ne s'écroulera pas si un tremblement de terre se produit, mais également qu'un TGV pourra l'emprunter lors d'une secousse tellurique violente. Pour éviter les déraillements, les déformations de l'édifice doivent rester limitées. Il était donc impossible d'utiliser des piliers encastrés dans le sol. En effet, des pieux enfoncés à la verticale dans le sol seraient trop flexibles, vu les mauvaises propriétés mécaniques des couches supérieures du sol. Les concepteurs ont donc opté pour une construction sur des pieux de fondation horizontaux : chaque pilier repose sur un « sandwich » souterrain de plaques de béton préfabriqué.

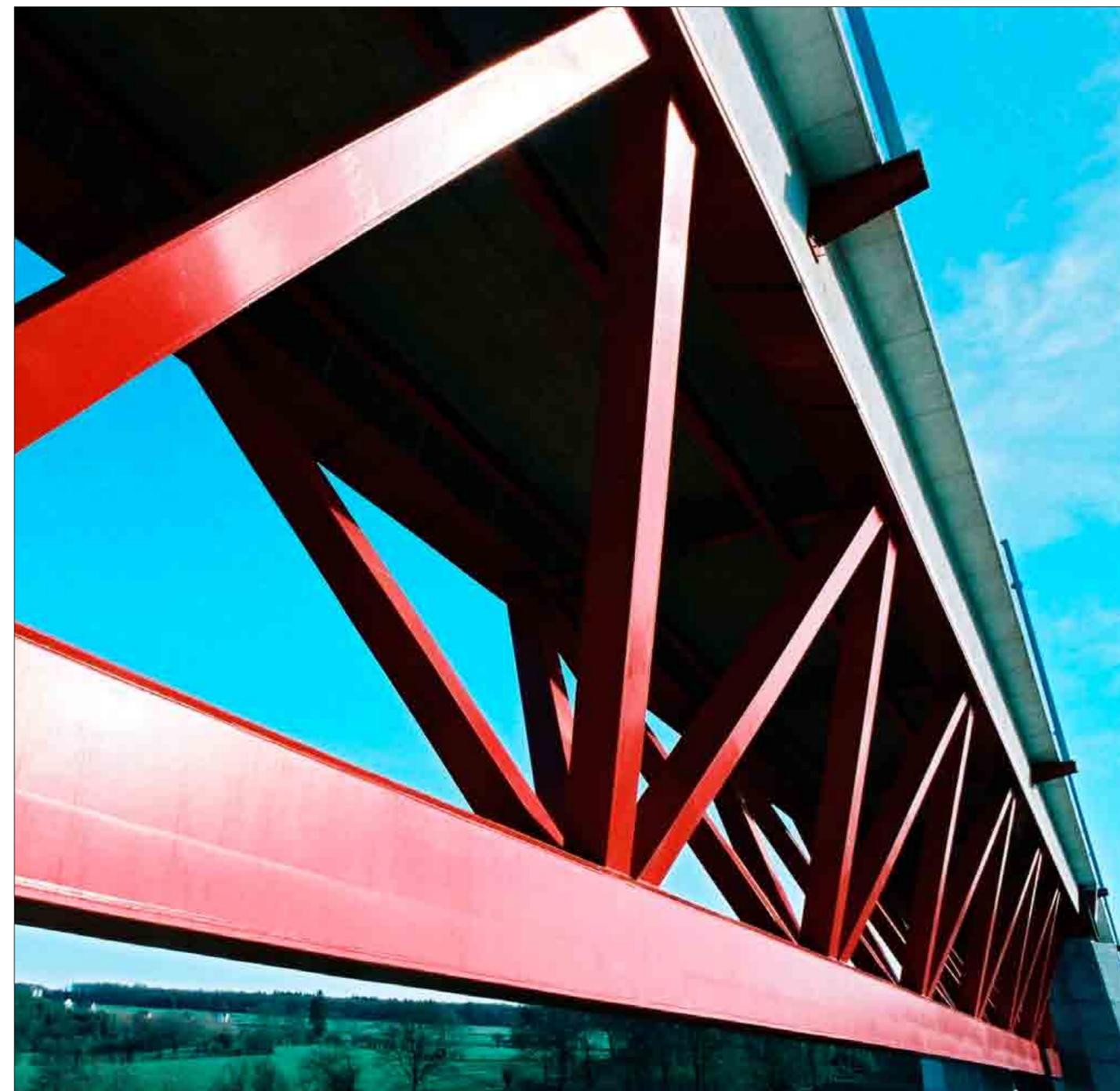


▲ ► Le viaduc de Hammerbrücke est soutenu par un pilier central de 30 mètres de haut

LE VIADUC DE HAMMERBRÜCKE En 1999, le nouveau viaduc de Hammerbrücke remplaça l'ancien du même nom. Ce dernier, fait de briques et d'acier, avait fait son temps et avait été fortement endommagé au cours des deux guerres mondiales. La rénovation de la ligne existante (pour la rendre compatible avec le TGV) révéla rapidement que l'ancien Hammerbrücke n'était pas assez sûr pour supporter un TGV, même s'il ne roule pas à sa vitesse de pointe sur ce tronçon. Vu le tracé sinueux et la proximité de la frontière allemande, la vitesse prévue lors de la conception du viaduc a été limitée à 160 km/h. Le viaduc

franchit la profonde vallée de la Gueule, du nom de la rivière qui y serpente. La vallée est d'une symétrie quasi parfaite. Le pilier de pont se trouve donc exactement au centre du viaduc. Avec les deux culées de pont, il soutient les deux travées de 100 mètres chacune. Des travées d'une telle longueur exigent normalement un joint de dilatation dans les rails, mais pas dans le cas du Hammerbrücke. Les longerons inférieurs des travées se trouvent en effet à l'ombre lorsque le soleil est au plus haut. Ils se dilatent donc beaucoup moins, si bien que les mouvements des joints de dilatation au niveau des tabliers restent minimes. On a

donc pu se passer de joints de dilatation sur les rails, sans compromettre la stabilité des longs rails soudés du TGV. Le concept du pilier central s'inspire du design de l'ancien viaduc. L'ouvrage massif en briques a cependant fait place à un édifice élancé en béton armé, qui renforce suffisamment un pilier de 30 mètres de haut. En outre, le pilier offre la rigidité requise pour supporter les forces d'accélération et de décélération horizontales des TGV. Pour se faire une idée : la face supérieure du pilier central a une tolérance maximale de moins de 5 mm sur le plan horizontal !



LA GARE DE LIÈGE-GUILLEMINS : LE DÔME DE VERRE DE SANTIAGO CALATRAVA

Les gares de chemins de fer ont fait office de catalyseurs du développement urbain. Cette tradition prend un nouvel essor avec la gare de Liège-Guillemins dessinée par Santiago Calatrava. Le célèbre architecte espagnol a fait table rase du passé et transformé le quartier de la gare liégeoise en une fascinante zone de liaison. Entre les deux rives de la Meuse. Entre la rivière et la ville. Entre le trafic régional et le réseau TGV européen. Entre le passé et l'avenir d'une ville en train de se réinventer.

Depuis la scission des chemins de fer belges (SNCB unitaire) en trois entités distinctes (Infrabel, SNCB et SNCB-Holding), la gestion des 37 grandes gares belges a été confiée par l'État à la SNCB-Holding. Une partie des gares du réseau belge sont attribuées en concession à la SNCB (177 gares). Infrabel est, quant à elle, en charge de tous les 336 points d'arrêts en Belgique. En temps que gestionnaire de l'infrastructure, Infrabel, est en outre chargée d'assurer la gestion des installations fixes nécessaires à la circulation des trains et à

la sécurité du réseau : voies, caténaire, signalisation, ouvrages d'art... Mais, dans toutes les gares du pays, certains éléments relèvent également de la responsabilité d'Infrabel : les quais, les accès aux quais (couloirs sous voies, passerelles, escalators et ascenseurs), l'éclairage, les abris ainsi que les moyens d'information destinés aux clients (sonorisation, tableau d'affichage, ...). C'est pourquoi, en plus des investissements réalisés sur les lignes, elle investit également dans les gares afin d'offrir chaque jour encore plus de confort

▼ Afin de ne pas interrompre le trafic ferroviaire, une partie des travaux étaient réalisés de nuit



▲ L'ancienne gare de Liège-Guillemins avant son lifting



▲ La modernisation de la nouvelle gare de Liège-Guillemins a commencé en 1996 pour s'achever en 2009

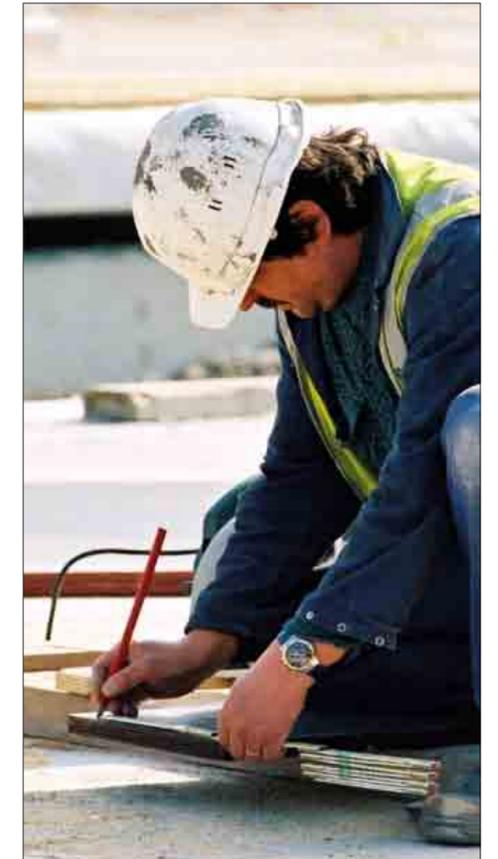
aux voyageurs. Plus de 210 millions d'euros ont ainsi été investis par Infrabel dans la rénovation de la gare.

SUR LA VOIE DU TGV, LIÈGE SE RENOUVELLE « Nous devons tirer le maximum de chaque impulsion mutuelle que peuvent se donner cette ville et cette gare », a déclaré Santiago Calatrava au démarrage du projet. Ce fil rouge traverse tous les aspects du projet. L'imposant dôme de verre et d'acier imaginé par l'architecte garantit une transparence maximale entre le bâtiment et l'environnement. Malgré ses 10 000 tonnes, il rayonne de légèreté et d'élégance. Outre les cinq quais et les neuf voies, il coiffe aussi une passerelle piétonne reliant le centre-ville, la Meuse et le parc Bouverie. L'ensemble a été soigneusement intégré dans les zones vertes environnantes et rend le quartier à nouveau attrayant pour les Liégeois et les entreprises qui recherchent une surface commerciale très accessible.

LE DÔME, LA VILLE ET LE VOYAGEUR Mais le dôme de verre de Calatrava est plus qu'un magnifique échantillon d'architecture moderne et d'urbanisation. Jamais le concepteur n'a perdu de vue la fonction de base de l'édifice : fournir un service irréprochable au voyageur. Le nouveau bâtiment a été déplacé à 150 mètres de l'ancien, pour permettre la construction de quais rectilignes. Le complexe ferroviaire, long de deux

kilomètres, a été entièrement revu, pour optimiser la fluidité du trafic ferroviaire. La ligne existante entre Louvain et Liège est passée de deux à quatre voies : deux nouvelles voies ont été construites pour les trains à grande vitesse et les Intercity roulant à 200 km/h, et deux autres voies ont été rénovées pour accueillir les trains interrégionaux et de pointe plus lents. La nouvelle gare de Liège-Guillemins devait être en mesure de supporter ce doublement de capacité. Enfin, Liège-Guillemins possède une liaison directe au réseau autoroutier. Cet atout, combiné aux 800 places de parking en sous-sol et à la zone de dépose minute, est pratiquement unique en Europe.

UN TRAVAIL DE LONGUE HALEINE La réalisation de la nouvelle gare de Liège-Guillemins a duré de 1996 à 2009, soit quelques années de plus que ce qui avait été prévu. Trois raisons expliquent ce retard. D'une part, la barre était placée très haut. L'architecte Calatrava ne voulait rien laisser au hasard et tenait par exemple à ce qu'une pièce d'essai soit réalisée pour chaque élément du chantier. D'autre part, le chantier – situé dans un centre-ville densément bâti – devait continuellement faire face au manque de place et d'accessibilité. Enfin, les travaux ne pouvaient en aucun cas interrompre le trafic ferroviaire...



▲ Un ouvrier au travail pendant le chantier de la gare de Liège-Guillemins

▼ Les verriers ont posé plus de 32 300 m² de verre sur le dôme de la gare

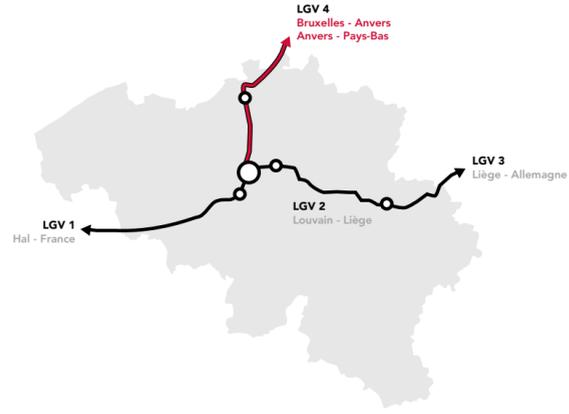


COMME POUR CONSTRUIRE DES PONTS L'interdiction d'interrompre le trafic ferroviaire durant les travaux a rendu la construction du dôme de 170 mètres de long particulièrement complexe. Construire directement les 39 membrures sur site n'était pas envisageable, car plusieurs voies auraient été continuellement inutilisables. La solution consistait donc à construire les gigantesques membrures ailleurs puis de les placer. Seules les deux membrures centrales et extérieures ont été construites in situ, parce que l'espace le permettait. Les 35 autres ont été construites et assemblées par cinq, puis mises en place grâce à une technique de construction de ponts. Toute la toiture repose en effet sur les larges passerelles pour piétons aux deux extrémités de la gare. Les membrures ont été construites juste à côté des voies, parallèlement à leur position définitive. Ensuite, au moyen de plateformes roulantes et de vérins hydrauliques, chaque section des cinq membrures a été acheminée au bon endroit via les passerelles pour piétons par-dessus les voies et les quais.

32 300 M² DE VERRE Une fois la charpente d'acier terminée, une petite armée de verriers a pu commencer à poser la surface vitrée de 32 300 m² – l'équivalent de plus de cinq terrains de football! -. D'aucuns se demandent comment une étendue aussi immense peut être entretenue: sur toute la surface, à l'intérieur comme à l'extérieur, des rails spéciaux et très discrets ont été prévus. Une plateforme roulant sur ces rails (à l'extérieur) ou suspendue à ceux-ci (à l'intérieur) permet aux équipes d'entretien et aux services d'inspection d'accomplir leur travail en toute sécurité... Car décidément, rien n'a été laissé au hasard !

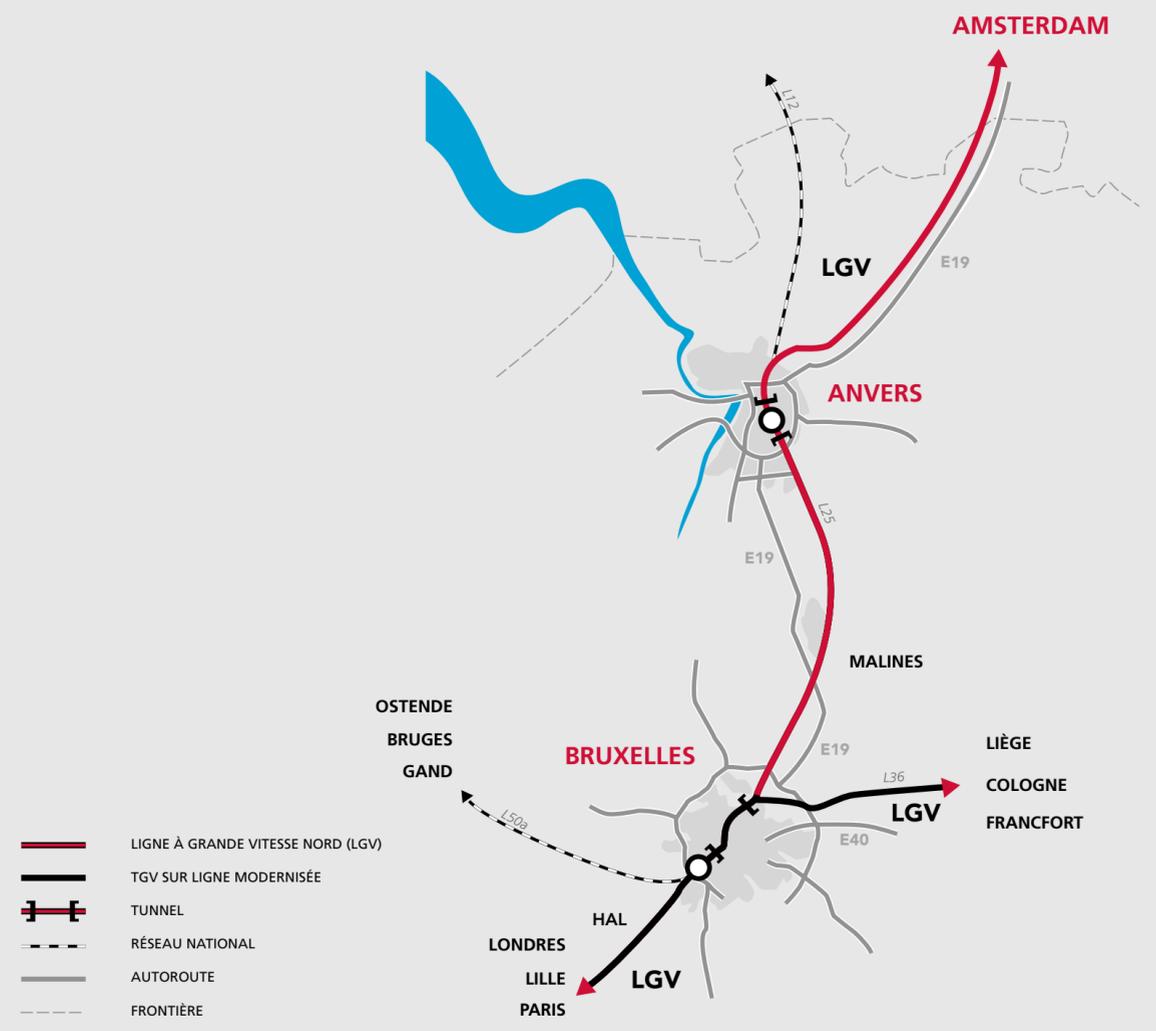
▼ Au final: une véritable œuvre d'art!





04

De Bruxelles à la frontière néerlandaise



LE TRACÉ TGV NORD

Amsterdam... plus proche que jamais

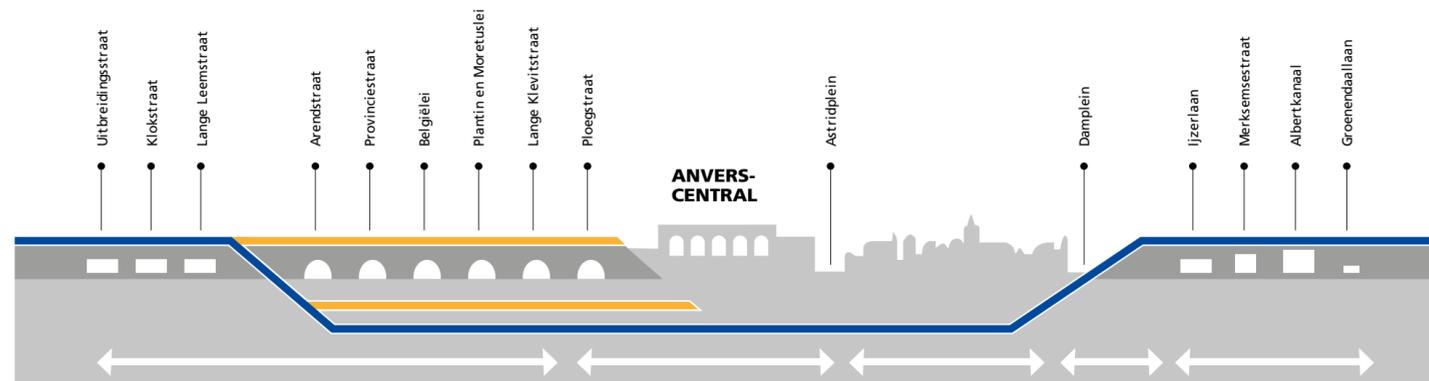
Après la France et la Belgique, ce fut au tour des Pays-Bas de monter à bord du projet TGV. Mais construire la branche Nord du réseau à grande vitesse belge signifiait bien plus que de créer le chaînon manquant entre Bruxelles et Amsterdam. Trois objectifs importants pour le réseau intérieur ont ainsi été réalisés simultanément. Premièrement, la ligne Bruxelles-Anvers a été entièrement rénovée. Deuxièmement, la gare d'Anvers-Central, un terminus, a été transformée en gare de passage avec une liaison directe vers le nord. Troisièmement, un nouvel arrêt « Noorderkempen » a été aménagé en Campine du Nord, afin que cette région soit mieux desservie par les transports en commun. Depuis décembre 2009, les voyageurs peuvent rejoindre Amsterdam depuis Bruxelles en 1h51 (un gain de temps de 53 minutes).

L'histoire de la branche Nord du TGV a débuté en 1996, avec l'approbation du projet par le gouvernement flamand. La demande de permis d'urbanisme a été introduite en 1998 et le permis a été délivré deux ans plus tard. En octobre 2000, un premier panneau « Travaux » placé à la hauteur de l'Elshoutbaan à Schoten signalait le lancement des travaux préparatoires. C'était le début d'une aventure architectonique qui allait durer jusqu'en 2007.

UN MARIAGE D'ANCIEN ET DE NOUVEAU Pour réaliser la branche Nord du TGV, une ligne de 87 km a été tracée. Celle-ci comprend trois éléments importants : la ligne existante Bruxelles - Anvers, une nouvelle jonction entre le nord et le sud d'Anvers, et une nouvelle ligne destinée aux trains à grande vitesse mais aussi au trafic intérieur

entre Anvers et la frontière néerlandaise. Aujourd'hui, le TGV à destination des Pays-Bas part du nœud modernisé de Bruxelles-Midi et s'engage dans la jonction existante Nord-Midi pour se diriger vers le Pont de Buda. Là, il dépasse la séparation des lignes vers Louvain et Liège, pour poursuivre vers Anvers via Malines. Sur la ligne 25 modernisée (Bruxelles - Anvers), les TGV, mais aussi les trains du trafic intérieur, y circulent à une vitesse maximale de 160 km/h. Après la gare d'Anvers - Berchem, le TGV rentre sous terre. 1,9 kilomètre plus loin, il aperçoit brièvement la lumière du jour, dans les « entrailles » de la gare d'Anvers-Central entièrement rénovée. Il emprunte ensuite le dernier tronçon de la jonction nord-sud : un tunnel de 1,2 km de long qui rejoint la surface sur la Damplein, entièrement réaménagée.

▼ Les TGV entament leur descente à hauteur de la Lange Leemstraat, pour remonter à la surface après la Damplein



▲ L'entrée du tunnel sous la gare d'Anvers : 1,2 km plus loin, les TGV ressortent à la surface à hauteur de la Damplein



▲ Le pertuis du Peerdsbos (3,2 km) longe la réserve naturelle du même nom

ANVERS-CENTRAL : LA FIN D'UNE ÉPOQUE Attardons-nous sur cette nouvelle jonction nord-sud. Les travaux ont débuté en 1998 et ont exigé un investissement de 755 millions d'euros. L'inauguration en 2007 sonnait définitivement le glas d'une époque : celle d'Anvers-Central en tant que gare terminus. Avec ses 14 voies, la gare actuelle correspond mieux aux besoins d'une grande métropole. De surcroît, les trains qui vont vers le nord ne doivent plus faire demi-tour pour suivre la voie de contournement de la ville, un trajet qui prenait beaucoup de temps. Les deux nouvelles voies continues leur permettent de rejoindre directement la Campine du Nord ou les Pays-Bas en l'espace de quelques minutes seulement.

EMPRISE MINIMALE SUR L'ESPACE OUVERT Un kilomètre après le tunnel sous Anvers, le TGV traverse

le Canal Albert, et l'on aperçoit le quartier Luchtbal. À partir de l'échangeur autoroutier E19-A12, la ligne à grande vitesse (LGV) rejoint l'E19 Anvers - Breda. Elle s'éloigne le moins possible du côté ouest de l'autoroute, pour préserver au maximum l'espace ouvert. Le TGV parcourt les derniers 35,2 km qui le séparent de la frontière en un clin d'œil, à sa vitesse maximale de 300 km/h. À la hauteur de Merksem, il dépasse le hameau de Kleine Bareel. Deux gigantesques ponts à arches et une nouvelle bretelle d'accès à la E19 ont été construits pour éviter des problèmes de circulation automobile.

CALME ET NATURE Autre ouvrage d'art remarquable entre Anvers et la frontière néerlandaise : le pertuis du Peerdsbos, de 3,2 km de long. Le Peerdsbos est une réserve naturelle importante située sur le territoire de

Brasschaat, le long de la E19. La ligne à grande vitesse y passe discrètement dans un pertuis (passage) en béton, pour éviter la chute de branches ou d'arbres renversés sur les voies. Du côté de l'autoroute, ce pertuis est pourvu de grandes ouvertures sur toute sa longueur. Celles-ci permettent aux passagers d'éviter une onde de pression soudaine lorsque le train entre dans le pertuis à une vitesse de 300 km/h. Du côté du bois, le pertuis joue la carte de l'environnement : il est entièrement couvert de végétation et donc masqué à la vue. Mais le pertuis est surtout un écran antibruit efficace, grâce auquel les vacanciers et la faune du Peerdsbos sont bien moins gênés que par le trafic autoroutier qui passe ici à toute allure.

TRAVERSÉE À TOUTE ALLURE DES ÉTANGS DE BLOSO

Le trafic autoroutier semble s'arrêter tandis que le TGV franchit à 300 km/h les « Bloso-Plassen » de Sint-Job-in-'t Goor. Ces étangs constituent le début de ce qui devait un jour devenir le Duwvaartkanaal (Canal de poussage). Le gouvernement flamand a en effet définitivement mis

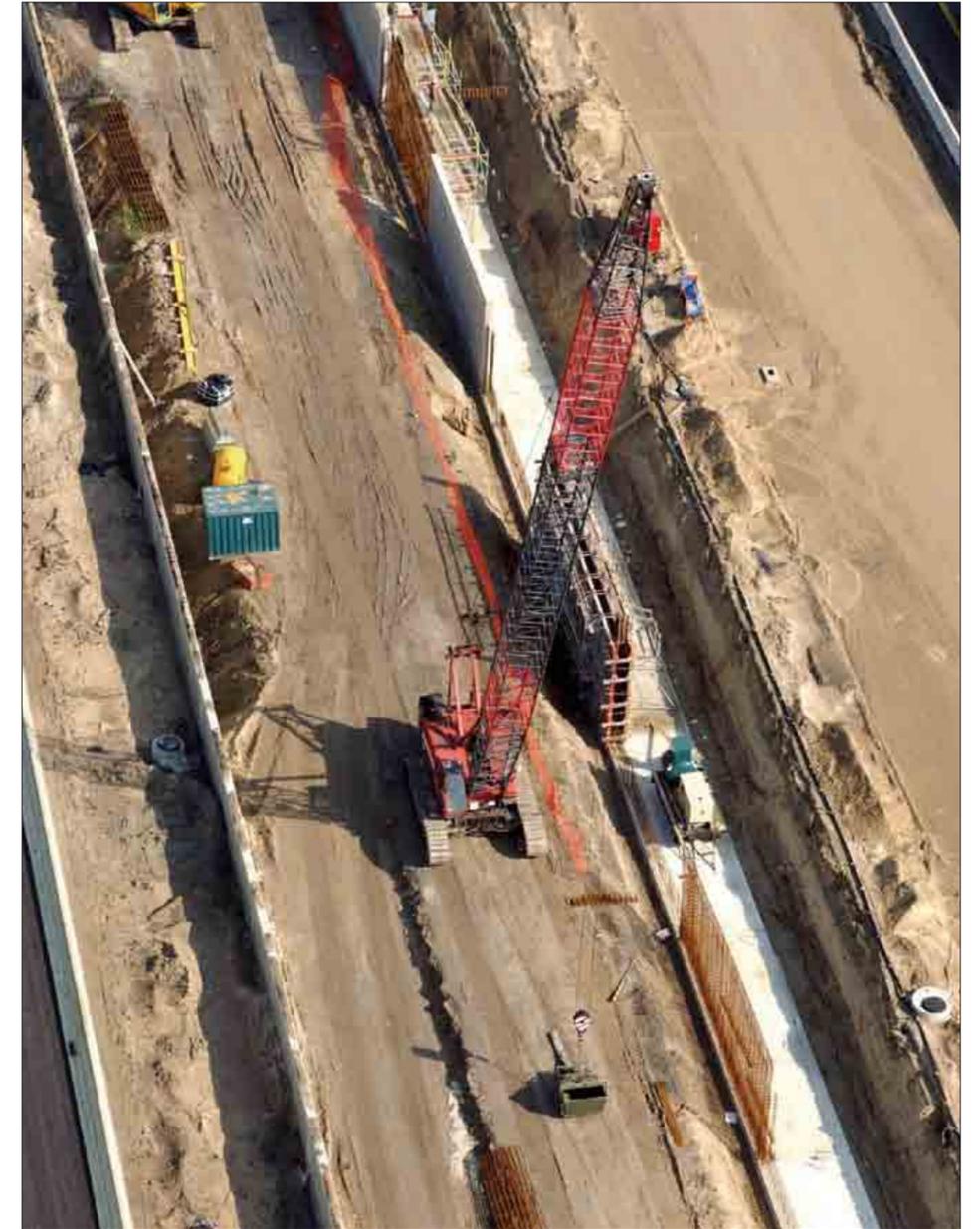
ce projet au placard. On a donc érigé simplement un mur et évité le lancement de travaux complexes et onéreux pour la construction d'un viaduc. Un peu plus loin, à la hauteur de Brecht, le TGV passe dans une tranchée de 2,5 m de profondeur. L'objectif était de minimiser les nuisances sonores pour le village voisin de Brecht. Comme

partout ailleurs sur le tracé, la sécurité a été la priorité n°1 pour nos ingénieurs. Un exemple supplémentaire, entre la ligne à grande vitesse et la E19, un mur en terre empêche que des voitures ou camions ne tombent sur les voies en contrebas, en cas d'accident.

▼ Entre la ligne à grande vitesse et la E19, un mur en terre empêche que des voitures ou camions ne tombent en cas d'accident



Juste avant la frontière, la E19 a été déplacée de presque 40 mètres pour permettre aux TGV de filer à 300 km/h ▶



SANS OBSTACLE VERS LES PAYS-BAS En approchant de la frontière néerlandaise, le TGV passe par le nouvel arrêt de Noorderkempen. Il ne s'y arrête pas, car seuls les trains du trafic intérieur y font halte. Une bonne correspondance avec des lignes d'autobus locales et de vastes parkings garantissent à la population de la région une liaison rapide avec Breda, Anvers et Bruxelles. Après Brecht, la LGV traverse une zone agricole ouverte. Un écoduc permet ici au gibier des environs de traverser en toute sécurité la ligne à grande vitesse et l'autoroute. Sans autre obstacle et donc sans ouvrage d'art, le TGV poursuit son chemin via Wuustwezel jusqu'au passage de la frontière à Meer, où la zone de circulation routière a dû être entièrement réaménagée. La E19 a été déplacée de presque 40 mètres pour permettre au TGV de filer à 300 km/h vers nos voisins du nord. Jamais Amsterdam n'a été si proche...

Un fascinant voyage dans le temps

Un projet d'infrastructure aussi vaste que celui du TGV entraîne inévitablement un risque de détérioration des vestiges, traces et objets du passé que recèle le paysage. Les archéologues parlent dans ce contexte de « patrimoine souterrain ». La construction de la ligne à grande vitesse menaçait donc de faire disparaître d'une série de témoins invisibles de dizaines de siècles d'activité humaine. Mais l'on fit de nécessité vertu. Confortés par leurs expériences positives sur la branche Ouest du TGV, les chemins de fer ont mis sur les rails un projet archéologique d'envergure visant à sauvegarder cet éventuel patrimoine souterrain.

Le projet archéologique du TGV a été mené en étroite collaboration avec la Province d'Anvers, qui s'est chargée de la gestion financière et technique. Les chemins de fer ont investi au total 1,09 million d'euros dans ce projet.

L'Instituut voor het Archeologisch Patrimonium (l'actuel Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed – l'Institut flamand du Patrimoine immobilier) était quant à lui garant de la rigueur scientifique. Les universités de Gand, Louvain, Liège et Bruxelles ont également apporté leur collaboration. En mars 1999, deux éclaireurs entamaient ainsi une prospection minutieuse du futur tracé du TGV. Leurs armes : un appareil photo et une grande perceuse à main. Dans leur sillage, une équipe complète d'archéologues effectuait le travail de fouille proprement dit. Ils creusèrent une série de longues tranchées d'essai sur les sites potentiellement intéressants. S'ils y trouvaient des traces, les archéologues procédaient à des fouilles méthodiques. Des fouilles ont été entreprises sur une bande de plus de 35 kilomètres de long et d'au moins 50 mètres de large. Une zone de 300 hectares au total a ainsi pu être étudiée. Notons que les archéologues entreposaient les

terres déblayées sur les aires de stockage du chantier du TGV [ces aires se trouvent à côté du tracé proprement dit et servent à entreposer la terre, les pierrailles et autres matériaux pendant les travaux].

SEPT SITES, DE NOMBREUX TRÉSORS Les fouilles se sont achevées en juillet 2003. Les résultats du projet archéologique TGV dans la province d'Anvers dépassèrent toutes les attentes. Sur pas moins de sept sites, on découvrit des traces et des vestiges importants de l'Âge de la pierre, du fer, de l'époque romaine et du Moyen-Âge. Plus une découverte exceptionnelle datant du XIX^e siècle...

LES « DÉPÔTS » : TOUT UN MYSTÈRE Les archéologues du TGV ont mis à jour à plusieurs endroits des « dépôts » datant de la fin de l'Age du bronze (1050-800 av. J.-C.). Il s'agit de collections d'objets intentionnellement cachées



▲ Fouilles entreprennent lors des travaux

dans le sol : outils, morceaux de cuivre et autre ferraille destinés à être refondus, objets à usage domestique, parfois même bijoux et autres objets précieux. Notons que des découvertes similaires avaient en effet déjà eu lieu ailleurs dans la vallée de l'Escaut et la vallée de la Meuse néerlandaise. Depuis des dizaines d'années, les archéologues se demandent qui a caché ces trésors et pour quelles raisons. Se pourrait-il qu'il s'agisse de commerçants et de forgerons itinérants ? Les temps étaient peu sûrs et l'hypothèse selon laquelle ils préféraient enterrer temporairement leur réserve de métal plutôt que de les emmener en voyage semble plausible. Mais les objets à usage domestique et les bijoux ne cadrent pas vraiment avec cette supposition. Par conséquent, une tout autre théorie semble aujourd'hui s'imposer. Les dépôts seraient en réalité des offrandes. En renonçant délibérément à des biens de valeur, les hauts dignitaires de l'Âge du bronze tardif faisaient bien plus que s'attirer les faveurs de leurs dieux. C'était également une manière de confirmer leur statut par rapport à leurs rivaux, intérieurs ou extérieurs à leur tribu. Ce n'est pas un hasard si de tels dépôts sont souvent découverts sur des sites « pauvres », où les rares richesses devaient être importées. La théorie des offrandes est par ailleurs confirmée par des phénomènes similaires observés chez d'anciennes tribus du monde entier. Mais dans ces domaines, les certitudes absolues ne sont pas de mise : comment savoir ce que pensaient nos lointains ancêtres ?

HISTOIRE DE GOÛT L'engouement pour la cuisine italienne ne date pas d'hier. Avec l'arrivée des Romains, de nouveaux ingrédients, plats et habitudes culinaires firent leur apparition. Ils plurent tellement aux gastronomes

gaulois qu'ils se mirent à les importer directement du Sud : vin, huile d'olive, abricots, figues, olives, dattes, sauce de poisson... Pas étonnant dès lors que les archéologues trouvèrent dans un puits de l'époque romaine – sur le Zoegweg à Brecht – des traces de coriandre et de noix. Si ces deux produits sont assez communs chez nous aujourd'hui, il s'agissait de mets très exotiques au début de notre ère. De fines bouches avec des goûts d'avant-garde devaient donc vivre aux environs de Brecht à l'époque. Tout près de là, parmi les vestiges d'une étable, les archéologues ont également trouvé des fragments d'un type d'amphores dans lesquelles les Romains exportaient de l'huile d'olive depuis le Guadalquivir en Espagne. Les fins gourmets en question n'oubliaient pas pour autant toutes leurs habitudes de Gaulois. En effet, ils abandonnèrent au même endroit de nombreux fragments d'amphores de la vallée de l'Escaut... n'apienne !

L'HOMME DE HOOGSTRATEN : MORT À LA GUERRE OU ASSASSINÉ ? Étrange découverte que celle de Meer. On trouva dans une fosse oblongue (ovale) le squelette d'un homme, bien conservé et encore partiellement vêtu. Y était-il tombé durant la Seconde Guerre mondiale ? C'est bien possible, car fin octobre 1944, les combats faisaient rage autour de Meer. Il arrivait régulièrement que des soldats reçoivent une tombe improvisée sur le champ de bataille. Pourtant, il s'est rapidement avéré que l'hypothèse de la Seconde Guerre mondiale ne tenait pas la route. Contrairement aux autres tombes de champs de bataille, on ne trouva ici ni plaque d'identification ni livret militaire sur le corps du défunt. Une étude plus détaillée révéla que son uniforme datait de 1750-1830.

La seule confrontation militaire qui a eu lieu à cette époque non loin de Meer a été la bataille d'Hoogstraten, le 11 janvier 1814. Ce qui n'est aujourd'hui qu'une « anecdote » dans les livres d'histoire, fut à l'époque une série de combats sanglants entre l'armée de Napoléon et les Prussiens. Les alliés anti-français y remportèrent une victoire qui allait les mener à des opérations réussies contre Anvers et dans le nord de la France. Un examen des restes de l'uniforme démontra que le soldat de Meer portait le noir et le rouge de la cavalerie de la Landwehr prussienne. Ces troupes étaient composées de volontaires portant des uniformes (souvent miteux) qu'ils achetaient eux-mêmes. Ceux-ci pouvant alors expliquer la présence de boutons non militaires avec un motif à fleurs retrouvés sur son uniforme. Mais... il existe une autre piste intéressante que l'on ne peut totalement exclure. En 1912 parut le livre Meir in de Kempen. L'auteur, le Père Jan Baptist Michielsen, historien amateur, y raconte qu'à l'époque de la bataille d'Hoogstraten, un certain Kees, forgeron à Meer, était menacé par un Prussien. Le forgeron « frappe le barbare sur la tête et vise si bien qu'il tombe raide mort » (traduction libre) et enterra le cadavre dans son jardin. Un habitant de la maison trouva, en 1866, le squelette du « cosaque ». On ignore ce qu'il en fit. Le corps du Prussien (protestant) a-t-il été enterré ailleurs hors des murs du cimetière ? C'est bien possible, d'autant plus qu'une carte du dix-huitième siècle indique qu'un cimetière des mécréants se trouvait à moins de 200 mètres du lieu de la découverte. L'histoire de notre homme reste donc empreinte de mystère. À chacun de suivre sa piste...

Parcours d'essai à grande vitesse

À 300 km/h, la marge d'erreur tolérée est quasi nulle. L'aménagement d'une ligne à grande vitesse se fait donc avec la plus grande précision et des tolérances minimales. Et encore, la ligne n'est ouverte au trafic ferroviaire qu'après une série impressionnante d'essais. Des

semaines durant, on effectue des parcours d'essai à des vitesses toujours plus élevées. L'objectif est de tester à outrance l'infrastructure des voies, les systèmes de signalisation et de sécurité et le réseau de communication. Saviez-vous que le premier parcours d'essai à la vitesse

maximale fait parfois exploser les vitres ? Non, pas les vitres des riverains, mais celles du TGV à l'essai. Malgré l'extrême soin apporté aux rails et au lit de ballast, l'énorme déplacement d'air d'un TGV qui passe comme l'éclair peut en effet projeter de petits gravillons. Pas de problème, c'est à cela



▲ Les essais des lignes sont réalisés avec des TGV équipés d'appareils de mesure particulièrement pointus



que sert un parcours d'essai. Le jour où vous serez à bord d'un TGV et glisserez sur le nouveau tracé à 300 km/h, les experts auront tout testé jusque dans les moindres détails et résolu les éventuels problèmes, pour que vous voyagiez en toute sécurité. Lorsqu'on teste une ligne à grande vitesse, on ne fait pas dans l'approximatif. Les essais sont réalisés avec des TGV équipés d'un ensemble d'appareils de mesure dernier cri. Ceux-ci observent et enregistrent minutieusement tous les comportements de la voie, de la caténaire, de la signalisation et des systèmes de sécurité. Les tolérances sont bien plus strictes que pour une ligne de chemin de fer classique, où une tolérance de 3 mm est parfaitement acceptable, alors que celle-ci ferait fortement osciller un TGV.

UNE BONNE MARGE DE SÉCURITÉ Durant les parcours d'essai, on augmente progressivement la vitesse. Les éventuelles anomalies – vibrations anormales au niveau des roues, coupures de courant ou émission excessive d'étincelles par le pantographe – sont immédiatement signalées et corrigées. Naturellement, des essais sont effectués dans les deux sens de la nouvelle ligne à grande vitesse. Le parcours d'essai final se fait à une allure de 10 % supérieure à la vitesse commerciale maximale. Il s'agit de 330 km/heure sur les tracés réservés exclusivement à la grande vitesse. On s'assure ainsi qu'un TGV en service commercial dispose encore d'une bonne marge de sécurité. Par ailleurs, la ligne à grande vitesse proprement dite n'est pas la seule à respecter les normes les plus rigoureuses. Après les essais du tracé, le matériel roulant est également mis à l'épreuve. Si lui aussi passe haut la main les tests les plus exigeants, et seulement dans ce cas, la ligne et le train peuvent enfin être ouverte aux voyageurs.

UNE AUTRE « CULTURE DU TRAIN » Il est parfois intéressant d'observer les différences d'« infrastructures ferroviaires ».

Prenez par exemple les parcours d'essai sur la branche Est, en direction de la frontière allemande. Les rames de TGV allemands y projetaient beaucoup de gravillons (du lit de ballast), ce qui endommageait les trains, tandis qu'avec les rames françaises, il n'y avait pas le moindre problème. Comment cela s'explique-t-il ? Après des recherches, on a découvert que la répartition des essieux en était la cause. Dans le cas du TGV allemand, comme dans celui des trains classiques, chaque voiture a ses deux propres bogies (chariots situés sous un véhicule ferroviaire, auxquels sont fixés les essieux). Le TGV français, en revanche, possède des bogies centraux : il n'y a qu'un seul bogie entre deux wagons ou entre la locomotive et les wagons. Ceci offre un assemblage plus rigide – un avantage indéniable à vitesse élevée. La solution fut vite trouvée : un meilleur profil aérodynamique du raccord entre les voitures du TGV allemand résolut immédiatement le problème. Pourquoi le problème ne s'était-il pas posé plus tôt en Allemagne ? Parce que les lignes à grande vitesse allemandes – à l'instar des LGV néerlandaises – ne reposent pas sur un lit de gravier, mais sont directement fixées sur une dalle de béton. Le lit de ballast et la dalle de béton ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients spécifiques. Le choix de l'une ou l'autre option a souvent des origines historiques. La Belgique a choisi le ballast, pour la simple raison que les constructeurs de voies belges avaient l'expérience de cette technique depuis plus de 170 ans...

ETCS : SYSTÈME DE SÉCURITÉ EUROPÉEN Autre aspect important des parcours d'essai à grande vitesse : l'intégration de l'appareillage de signalisation et de communication, en particulier le système de signalisation et de sécurité ETCS (European Train Control System) et le système numérique de communication GSM-R (GSM for Railways, réseau de communication numérique spécifique au chemin de fer [voix et données]). ETCS est un système



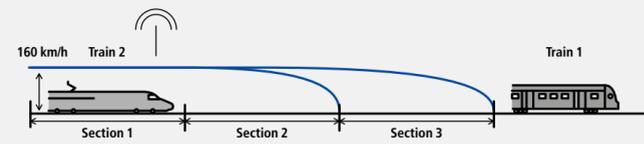
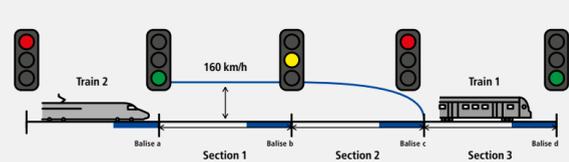
▲ La sécurité est la première priorité d'Infrabel

standardisé qui garantit l'interopérabilité entre les opérateurs et les réseaux ferroviaires européens. Le projet consiste à développer un système de contrôle des trains transfrontalier et uniforme, visant à permettre le libre passage des trains le long des différentes infrastructures. L'ETCS comprend d'une part des balises installées dans les voies, et d'autre part un centre radio (Radio Block Center) transmettant des informations sans fil au train via GSM-R. Il peut s'agir par exemple de la longueur de voie libre dont le train dispose, ou de la vitesse maximale autorisée sur le trajet parcouru. Cette information s'affiche en temps réel sur un écran devant le conducteur. L'écran remplace tous les signaux et panneaux classiques le long des voies, impossibles à lire et à interpréter à 300 km/h. L'ordinateur de bord du TGV enregistre toutes les données et tous les faits et gestes du conducteur. Il calcule à chaque instant la vitesse en fonction de celle autorisée sur la ligne, des éventuelles restrictions de vitesse locales et de la longueur de voie libre encore disponible. En cas d'erreur humaine – comme le dépassement de la vitesse autorisée –, l'ordinateur intervient immédiatement et impose même, au besoin, un arrêt d'urgence.

ERTMS

Assurer la sécurité est le but premier de la signalisation ferroviaire. Lorsque la vitesse n'est pas très élevée, la sécurité repose sur le conducteur qui respecte les signaux le long de la voie (ses actions étant surveillées par les systèmes nationaux d'aide à la conduite). Sur une ligne à grande vitesse, il n'a pas le temps de percevoir cette signalisation. Un signal est dès lors émis par la voie et capté par la locomotive ou la rame ; la vitesse maximale autorisée peut ainsi s'afficher pour le conducteur. Désormais, il est possible de coupler ces informations de signalisation avec un système de contrôle automatique des vitesses et un système de communication radio entre le sol et le train. Mais il existe aujourd'hui plus de 20 systèmes différents en Europe !

Le Thalys qui relie notamment Paris, Bruxelles, Cologne et Amsterdam est équipé actuellement de pas moins de sept systèmes différents. D'où la nécessité d'un système de gestion du trafic unique pour l'ensemble du réseau européen. L'ERTMS (European Rail Traffic Management System) est un système de gestion du trafic ferroviaire intégré et standardisé qui équipe aussi bien les trains que les voies. Celui-ci permet que les trains soient compatibles même s'ils sont issus de pays différents. L'ERTMS est composé : du GSM-R (un système radio d'échange d'informations entre le sol et le bord) et de l'ETCS (le système européen de contrôle des trains envoyant au conducteur les indications sur les vitesses autorisées et pouvant contrôler le respect de ces indications).



Ouvrages d'art pour l'homme et l'environnement

Les principaux défis architectoniques sur la branche Nord (Bruxelles - Amsterdam) du TGV étaient très différents de ceux rencontrés sur la ligne vers la France. Ici, les impératifs étaient dictés par les besoins humains et environnementaux, plus que par la nature du sol ou par la présence de cours d'eau. En effet, le tracé prévu traversait entre autres un centre-ville fortement urbanisé, et touchait une zone naturelle de valeur.

LA JONCTION NORD-SUD D'ANVERS : UNE PERCÉE TRÈS AT-

TENDUE La nouvelle jonction nord-sud d'Anvers a résolu les problèmes de capacité que rencontrait Anvers-Central depuis très longtemps. L'ancienne gare était en effet une tête de ligne avec dix voies sans issue : tous les trains qui allaient vers le nord devaient faire demi-tour pour ensuite contourner toute la ville. L'arrivée du TGV était l'occasion rêvée de faire d'Anvers-Central une gare de passage. Cette « ouverture » profiterait également aux liaisons intérieures, qui représentent 70 % du trafic ferroviaire d'Anvers. Aujourd'hui, tant les TGV que les trains nationaux traversent la ville, via un tunnel ferroviaire souterrain de 3,8 km de long reliant Berchem à la Damplein. Les travaux ont débuté en mai 1998. Fin mars 2007, la jonction

nord-sud d'Anvers était achevée. Deux pertuis (passages) souterrains – un pour chaque sens de circulation – permettent aux trains de passer sous la ville d'Anvers sans perte de temps. L'intérieur des tunnels est recouvert de 13000 segments de béton de cinq tonnes chacun. Un gigantesque tunnelier a percé les deux pertuis du tunnel qui relie Anvers-Central et la Damplein. Un bouclier de forage (qui peut être comparé à la mèche d'une foreuse) distinct avait été prévu pour chaque pertuis.

UNE ZONE DENSÉMENT BÂTIE ET PEUPLÉE

Le tunnel à double pertuis d'Anvers-Central vers la Damplein mérite une mention spéciale. Celui-ci passe sous un vieux quartier densément bâti et peuplé. Un TGV ne peut pas s'enfoncer dans le sol en pente raide. Les deux accès au tunnel devaient dès lors descendre en pente très douce. À un seul endroit – le pâté de maisons de la Viséstraat – Sint Jobstraat – le tunnel devait être percé juste sous les maisons, avec tous les risques que cela comportait pour la stabilité des fondations. Afin de garantir la stabilité, un ensemble de tuyaux en béton rapprochés a préalablement été construit sous les maisons afin d'empêcher les fondations situées au-dessus de s'affaisser.

UN OUVRAGE D'ART VERT : LE TUNNEL DU PEERDSBOS

Vu la densité de construction et de population de la Belgique, les chemins de fer ont toujours eu le souci d'intégrer harmonieusement la nouvelle infrastructure à grande vitesse dans le paysage et l'environnement. Ce souci d'intégration est particulièrement manifeste sur le tracé reliant Anvers à la frontière néerlandaise. La ligne de chemin de fer a été greffée le plus près possible du côté ouest de l'autoroute E19. Résultat : à la hauteur de Brasschaat, le TGV allait longer le Peerdsbos. Pour cette réserve naturelle importante, cela aurait pu signifier des nuisances sonores accrues en plus de celles déjà causées par la bruyante E19, et le sacrifice d'une bande de forêt de plusieurs dizaines de mètres de large. Conséquences pour le TGV : un risque sérieux que des arbres ou branches ne tombent sur les voies lors d'une tempête – à moins que l'on ne sacrifie encore plus de forêt pour créer une distance suffisante entre les arbres et les voies.



▲ ◀ Un gigantesque tunnelier, muni de deux boucliers de forage, a percé les deux pertuis du tunnel

▼ Comme à Soumagne, le tunnel sous Anvers a aussi été ouvert au grand public le temps d'un week-end festif

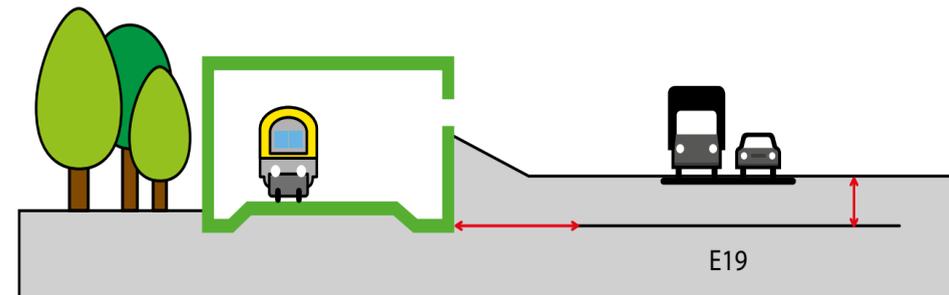


DOUBLE AVANTAGE POUR LA RÉSERVE DU PEERDSBOS

Infrabel a pris ses responsabilités et a choisi la solution la plus sûre et la plus écologique : un pertuis de 3,2 km – toute la longueur du Peerdsbos – longeant la E19. Les travaux préliminaires ont débuté à l'automne 2000 et le pertuis a été ouvert au trafic ferroviaire cinq ans plus tard. Huit mètres à peine séparent le pertuis de l'autoroute. La ligne à grande vitesse a été aménagée 2,5 mètres plus bas. L'impact sur le paysage du

pertuis de 9 mètres de haut et 17 mètres de large a ainsi été réduit. De grandes ouvertures latérales ont été prévues du côté de l'autoroute. Elles sont destinées à évacuer la compression provoquée par le passage d'un TGV à 300 km/h. Les oreilles des passagers du train ne se bouchent donc pas au moment où celui-ci pénètre dans le pertuis. Du côté du Peerdsbos, le pertuis est entièrement fermé et recouvert de verdure. Ceci apporte un double avantage pour la forêt : la ligne

à grande vitesse et l'E19 sont masquées, et le pertuis fait office de mur antibruit pour le TGV et (surtout) le trafic automobile. Grâce au pertuis, on a enregistré dans le Peerdsbos une réduction du niveau sonore de pas moins de 10 décibels !



▲ Le pertuis a réduit le niveau sonore de 10 décibels dans le Peerdsbos

LGV NORD

Trajet	Durée des travaux	Investissement
Bruxelles - Amsterdam	2000 - 2009	1,57 milliard d'euros

Trajet	Temps de parcours avant la ligne à grande vitesse	Temps de parcours avec la ligne à grande vitesse	Gain de temps
Bruxelles - Amsterdam	2h44	1h51	53 minutes



▲ Long de 3,2 km, le pertuis du Peerdsbos était la solution plus écologique pour préserver la réserve naturelle

LA GARE D'ANVERS-CENTRAL : QUAND HISTOIRE ET MODERNITÉ SE MÉLENT...

Avant les travaux du TGV, la gare d'Anvers-Central était déjà un remarquable exemple d'architecture ferroviaire. Le hall de gare éclectique datant de 1905, avec sa coupole de 75 mètres de haut, est du plus bel effet. La verrière en acier au-dessus des quais, achevée en 1899, est au moins aussi imposante. Ses 43 mètres de hauteur étaient nécessaires pour absorber la fumée des locomotives à vapeur de l'époque. Quant à ses 186 mètres de long et ses 66 mètres de large, ils abritaient dix voies de quais sans issue. Anvers-Central était en effet l'une des quelques gares de tête de ligne de notre pays. Ce bâtiment prestigieux constituait un énorme défi pour les concepteurs de TGV. Comment créer un grand espace supplémentaire dans un monument protégé ? Et comment transformer une tête de ligne située dans un centre-ville densément bâti en une gare de passage pour l'itinéraire TGV Nord ? Des questions difficiles, qui appelaient une réponse particulièrement créative.

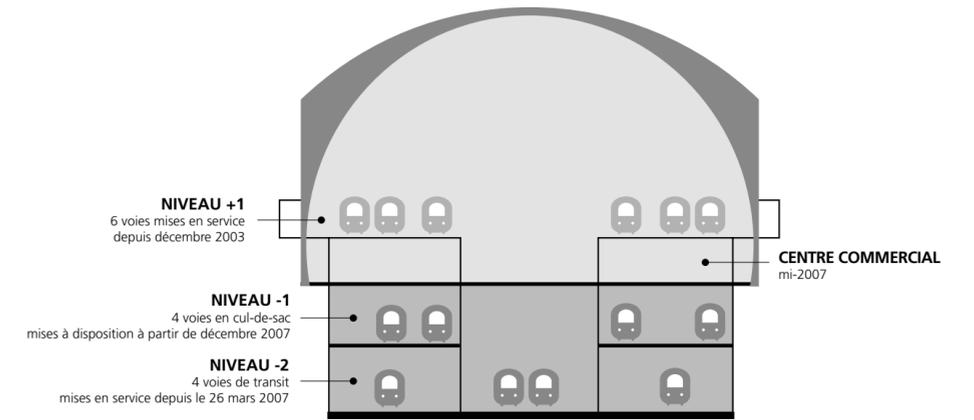
Depuis la scission des chemins de fer belges (SNCB unitaire) en trois entités distinctes (Infrabel, SNCB et

SNCB-Holding), la gestion des 37 grandes gares belges a été confiée par l'État à la SNCB-Holding. Une partie des gares du réseau belge sont attribuées en concession à la SNCB (177 gares). Infrabel est, quant à elle, en charge de tous les 336 points d'arrêts en Belgique. En temps que gestionnaire de l'infrastructure, Infrabel est en outre chargée d'assurer la gestion des installations fixes nécessaires à la circulation des trains et à la sécurité du réseau : voies, caténaire, signalisation, ouvrages d'art. Mais, dans toutes les gares du pays, certains éléments relèvent également de la responsabilité d'Infrabel : les quais, les accès aux quais (couloirs sous-voies, passerelles, escalators et ascenseurs), l'éclairage, les abris ainsi que les moyens d'information destinés aux clients (sonorisation, tableau d'affichage,...). C'est pourquoi, en plus des investissements réalisés sur les lignes, elle investit également dans les gares afin d'offrir chaque jour encore plus de confort aux voyageurs. Infrabel a ainsi investi près de 720 millions d'Euros pour la construction du tunnel sous Anvers et la rénovation de la gare. Il n'était pas question de toucher au bâti-

ment de la gare, puisqu'il s'agit d'un monument classé. Démolir une partie du centre-ville anversoïse n'était pas non plus une option. Restait une possibilité : passer en sous-sol et transformer Anvers-Central en une gare à trois niveaux. Pour ce faire, il a fallu creuser un puits de 20 mètres de profondeur (et des fondations à 45 mètres de profondeur) se raccordant aux jonctions sous-terraines vers Anvers-Berchem et la Damplein. Mais, déblayer 60 000 mètres cubes de terre sous un monument centenaire était loin d'être évident. Dégager une telle quantité de terre pouvait menacer la stabilité du bâtiment de la gare. On se trouvait face à un nœud qui paraissait inextricable : avant de creuser le tunnel, il fallait d'abord renforcer les fondations, mais renforcer celles-ci nécessitait un puits profond...

PRÉVENIR LES AFFAISSEMENTS Les ingénieurs trouvèrent la solution dans la technique appelée injection de compensation. Cette technique de stabilisation de pointe avait déjà été appliquée avec succès sur plusieurs bâtiments monumentaux aux États-Unis et en Grande-Bretagne,

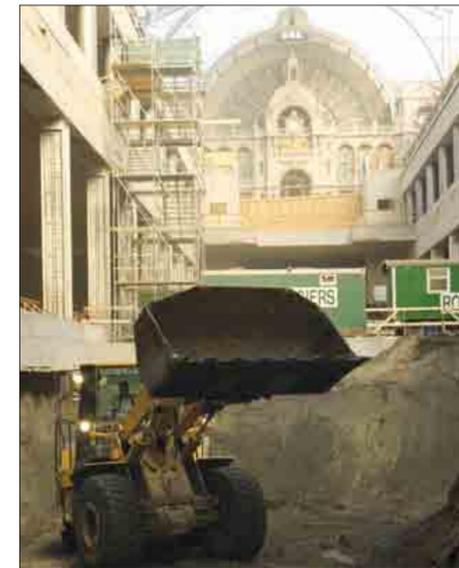
▼ Avant la création de la LGV Nord, les TGV devaient faire une halte dans la gare en cul-de-sac d'Anvers-Central, avant de repartir ensuite dans l'autre sens



▲ Schéma de la nouvelle gare d'Anvers-Central

mais c'était une première en Belgique. L'injection de compensation implique l'installation d'un réseau de fines ramifications de tuyaux jusqu'en dessous des fondations. Ces tuyaux permettent ensuite d'injecter un mélange ciment/eau aux endroits où un affaissement risque de se produire. Des ordinateurs surveillaient minutieusement des centaines de points de mesure dans le bâtiment d'Anvers-Central. De cette manière, les ingénieurs

▼ La nouvelle gare d'Anvers - Central a été aménagée comme un espace ouvert où la lumière naturelle pénètre

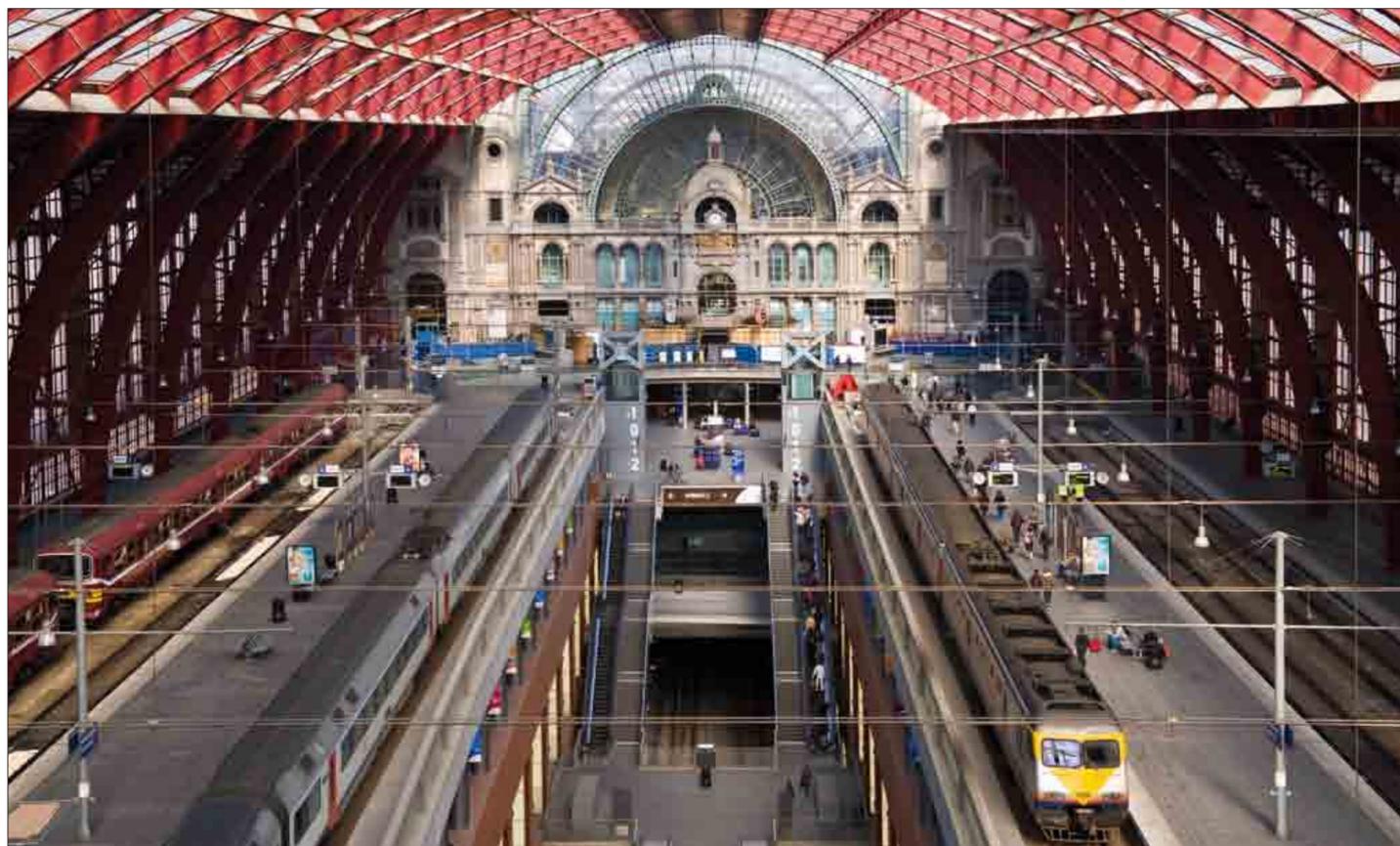


pouvaient corriger à temps et limiter au minimum les éventuels tassements. Pour les travaux de terrassement plus petits, les entrepreneurs ont appliqué la tranchée blindée, technique qui a prouvé son efficacité dans la construction d'égouts. Avec cette technique, les ouvriers creusent littéralement le sol sous leurs pieds, et étayent ensuite la tranchée ainsi créée avec des petites plaques de béton. Si cette tranchée blindée n'est pas conseillée aux claustrophobes, elle reste cependant la solution idéale lorsqu'on travaille sur de très petites surfaces ou dans un bâtiment qui doit être préservé. En effet, elle ne nécessite pas un grand puits de fondation.

DE LA LUMIÈRE NATURELLE À TOUS LES NIVEAUX La gare souterraine d'Anvers-Central a été conçue comme un espace ouvert où la lumière naturelle pénètre jusqu'au plus bas niveau. Au niveau +1, six mètres au-dessus du niveau de la rue (niveau 0), la gare dispose désormais de six voies de quai sans issue, trois de chaque côté du « puits » qui donne sur les niveaux inférieurs. Neuf mètres sous le niveau 0, au niveau -1, se trouvent quatre autres voies de quai sans issue. Tout en bas, 18 mètres sous le niveau de la rue, se trouve le niveau -2 avec quatre voies de quai. Les deux extérieures sont des voies d'évitement, reliées par des aiguillages aux deux voies centrales. Ces dernières sont empruntées aussi bien par des TGV que des trains classiques, poursuivant sous terre leur route vers le nord.

TRAVAUX EN PLUSIEURS PHASES Il était absolument indispensable que la gare d'Anvers-Central reste accessible aux voyageurs pendant toute la durée des travaux. C'est pourquoi les travaux ont été effectués en différentes phases. Durant la première (mai 1998 - décembre 2003), la circulation des trains était limitée sur trois voies. Fin 2003, le niveau +1 était entièrement prêt et les trains pouvaient entrer en gare sur six voies. En mars 2007, Infrabel mit la jonction nord-sud, au niveau -2, à disposition des opérateurs. Enfin, le niveau -1 suivit en décembre 2007. Depuis, Anvers-Central dispose de quatorze voies, réparties sur trois niveaux.

SYSTÈME DE GESTION DES FILES Une toute nouvelle entrée du côté de la Kievitplein permet d'accéder directement aux quais. Le voyageur y trouve également des consignes automatiques, divers magasins et un restaurant. Dans le grand hall d'entrée d'Anvers-Central, les anciens guichets ont cédé la place à un nouveau Travel Centre. Le voyageur peut y acheter des billets pour le trafic intérieur et international, et y obtenir tous les renseignements sur son trajet. Un système de gestion des files - une autre première en Belgique - limite en outre les temps d'attente aux dix guichets. La longue rénovation des colonnes entre les portes vitrées coulissantes, à l'entrée principale, en dit long sur la précision dont on a fait preuve : il a fallu énormément de temps pour trouver



▲ Une touche de modernité rehausse agréablement la partie historique de la gare d'Anvers-Central

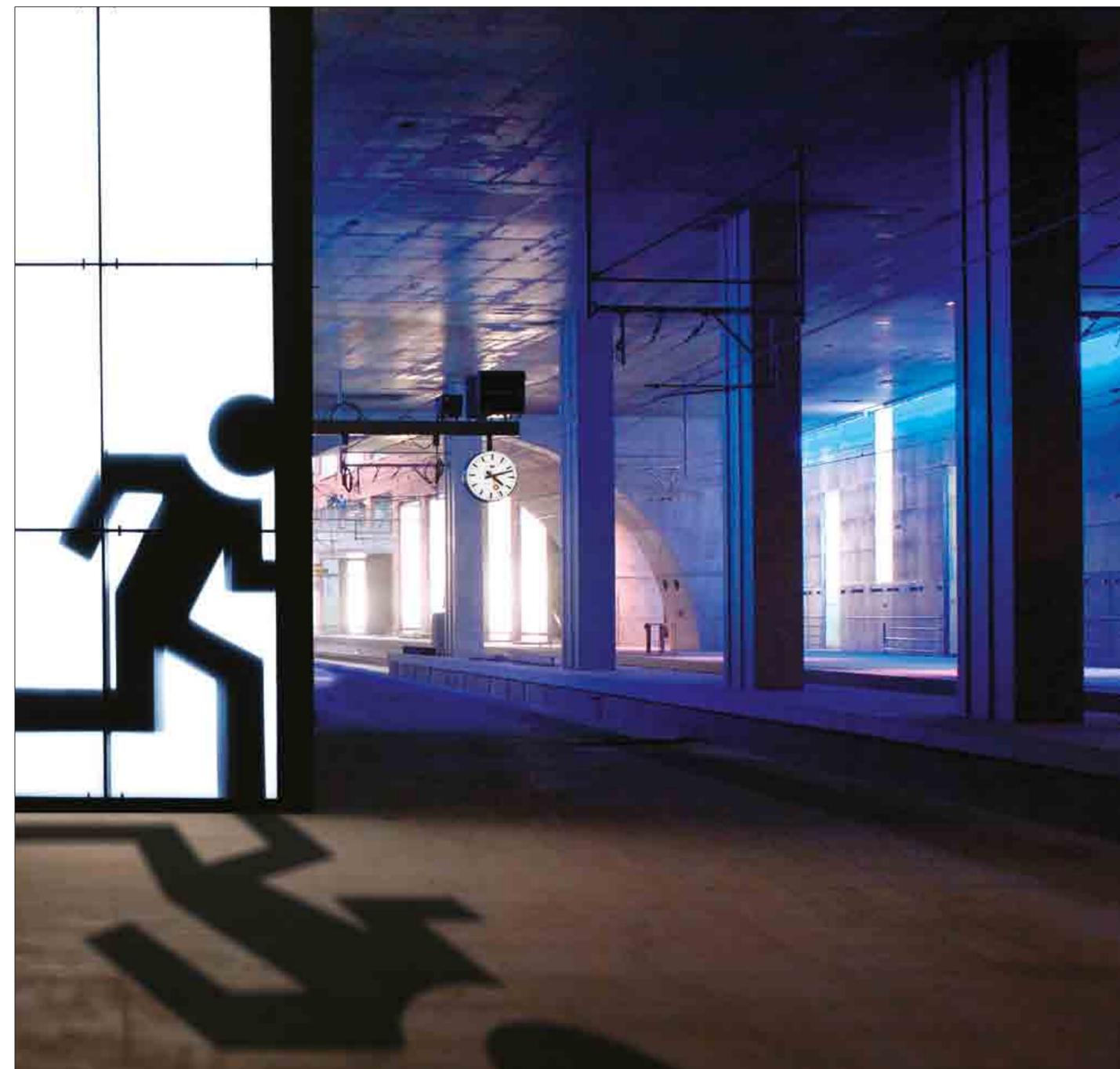
une pierre naturelle dont la teinte correspondait parfaitement à celle de la façade de la gare.

UN NOUVEAU DÉPART POUR LA GARE ET SES ENVIRONS

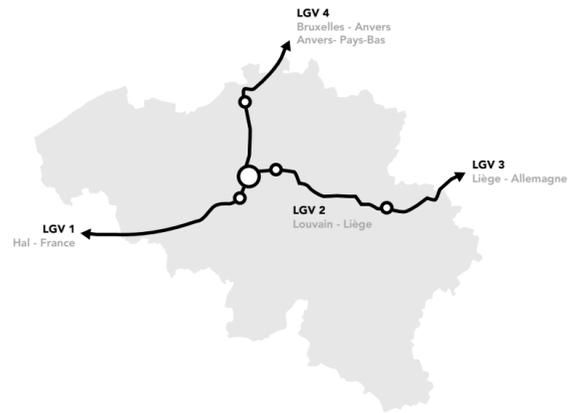
Les Anversoïses ont inévitablement subi des désagréments suite aux très longs travaux - de 1998 à 2007 - de leur gare Centrale et de la jonction nord-sud. La SNCB a toutefois fait de son mieux pour les anticiper. Elle a ainsi notamment publié un magazine permettant au public de suivre de près l'évolution, le pourquoi et le comment des travaux. De plus, afin d'impliquer davantage les Anversoïses au chantier titanesque qui se déroulait sous leurs pieds,

les chemins de fer ont lancé dans la presse une invitation à imaginer un nom pour les deux boucliers. L'appel a trouvé un large écho : plus de 300 noms ont été proposés. Après de longues réflexions, deux noms typiquement anversoïses ont été retenus, comportant une allusion évidente aux travaux d'excavation : Zandvreter et Krabbekoker. Lors de l'achèvement de la nouvelle jonction nord-sud, les Anversoïses ont en outre été les premiers à être remerciés pour leur patience et leur compréhension. Ils ont pu fêter la fin des travaux en se promenant dans les deux pertuis. Une fois les travaux terminés, l'infrastructure ferroviaire rénovée a donné d'emblée une nouvelle dynamique à

l'ensemble du quartier. Ainsi, devant la gare, la Koningin Astridplein entièrement redessinée est aujourd'hui un des principaux nœuds de transports en commun d'Anvers. Les automobilistes n'ont pas été oubliés : sous la Koningin Astridplein se trouve à présent un parking de 400 places. Et juste à côté de la nouvelle entrée de la gare, sous la nouvelle Kievitplein, un deuxième parking peut accueillir 600 véhicules. Chaque parking propose également un vaste garage à vélos. Bref, Anvers-Central dispose désormais de tous les atouts nécessaires en temps que gare d'une grande métropole moderne.

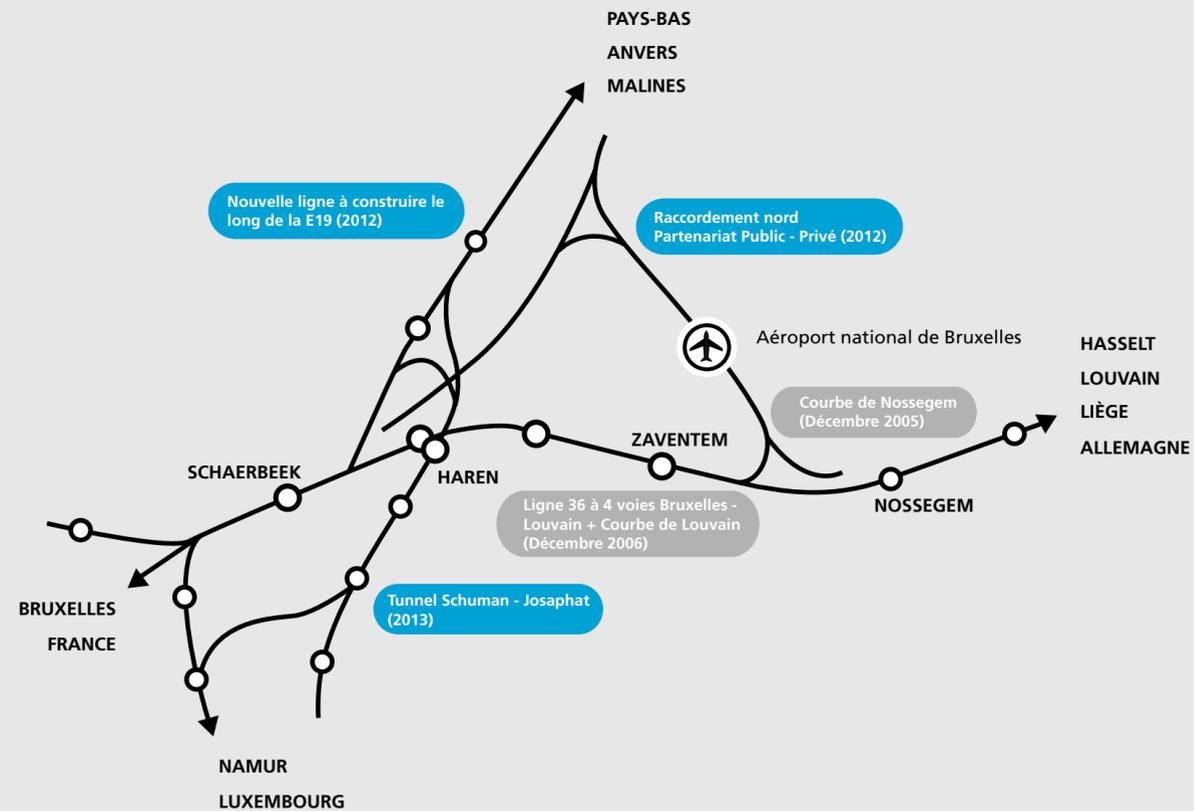


▲ L'entrée du nouveau tunnel sous Anvers



05

Le présent et l'avenir du TGV



- TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE
- EN COURS
- EXÉCUTÉ

AIGUILLAGE VERS L'AVENIR

Le réseau à grande vitesse belge est prêt. Ce qui ne veut pas dire qu'il n'y a plus rien à faire. En effet, plus encore qu'une ligne classique, une ligne à grande vitesse exige un entretien minutieux et un souci de la sécurité sans compromis. D'autant plus que le trafic TGV ne fera qu'augmenter à l'avenir. Aujourd'hui en Europe, 25 millions de voyageurs internationaux utilisent déjà le TGV. Et de plus en plus de pays se raccordent au réseau à grande vitesse européen. De par sa position centrale dans ce réseau, la Belgique est appelée à accentuer encore son rôle de plaque tournante pour le trafic ferroviaire à grande vitesse, reliant nord et sud, est et ouest.

ENTREtenir CE QUE NOUS AVONS CONSTRUIT La création des trois branches du réseau à grande vitesse belge a

constitué un lourd investissement. Aucun compromis n'a été consenti sur la sécurité, la protection de l'environnement ou le confort des voyageurs. À présent, il s'agit de rentabiliser ce formidable outil de mobilité. Autrement dit : l'utiliser autant que possible. Et qui dit « utiliser », dit « entretenir ». Au sein d'Infrabel, le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire belge, une unité a été créée spécialement pour l'entretien des lignes à grande vitesse : l'Arrondissement LGV. D'où vient ce nom ? Les services d'entretien d'Infrabel sont regroupés sur une base géographique, et donc par arrondissement. Or, la ligne à grande vitesse traverse toute une série de ces arrondissements. Mais étant donné que son entretien nécessite un savoir-faire et un matériel très spécifiques, on lui a dédié son propre « arrondissement ».

MAINTENANCE ET INTERVENTIONS RAPIDES Aujourd'hui, l'arrondissement LGV d'Infrabel est responsable de la maintenance de l'ensemble de l'infrastructure à grande vitesse : les voies, les caténaires, l'alimentation électrique, la signalisation et les télécommunications. Cela représente bien plus qu'un simple entretien. L'arrondissement LGV assure le contrôle permanent de toutes les installations, y compris les ouvrages d'art, sur l'ensemble de la ligne, mais intervient également en cas de panne. Et à long terme – dans plus de 20 ans – il effectuera les rénovations nécessaires. Le contrôle des installations vise avant tout à détecter les éventuels problèmes à un stade précoce. Une intervention rapide peut ainsi prévenir des pannes onéreuses et longues à réparer, voire dangereuses. L'arrondissement LGV peut

► Une ligne à grande vitesse exige un entretien minutieux et un souci de la sécurité sans compromis



▲ L'information aux voyageurs est primordiale pour Infrabel

surveiller mieux que quiconque l'état des lignes à grande vitesse ; c'est pourquoi ce service participe aussi à l'établissement du planning de toutes les interventions nécessaires sur le réseau.

PAS DE TGV SANS AGENTS EXPÉRIMENTÉS Les contrôles du réseau à grande vitesse se font de diverses manières. Par exemple à l'aide d'une voiture TGV équipée d'une batterie d'appareils de mesure. Tous les quinze jours, une de ces voitures de mesure est incorporée à une rame commerciale. Elle vérifie les accélérations horizontale et verticale des boggies et de la partie de la voiture qui repose sur les boggies, afin d'examiner si les paramètres de sécurité et de confort répondent toujours aux normes prescrites. Certains problèmes éventuels peuvent également être constatés depuis le poste de conduite d'un train en service commercial. Mais le rôle des techniciens à pied ne doit pas être sous-estimé : lorsque les rails, les aiguillages, les caténaires ou l'environnement des voies

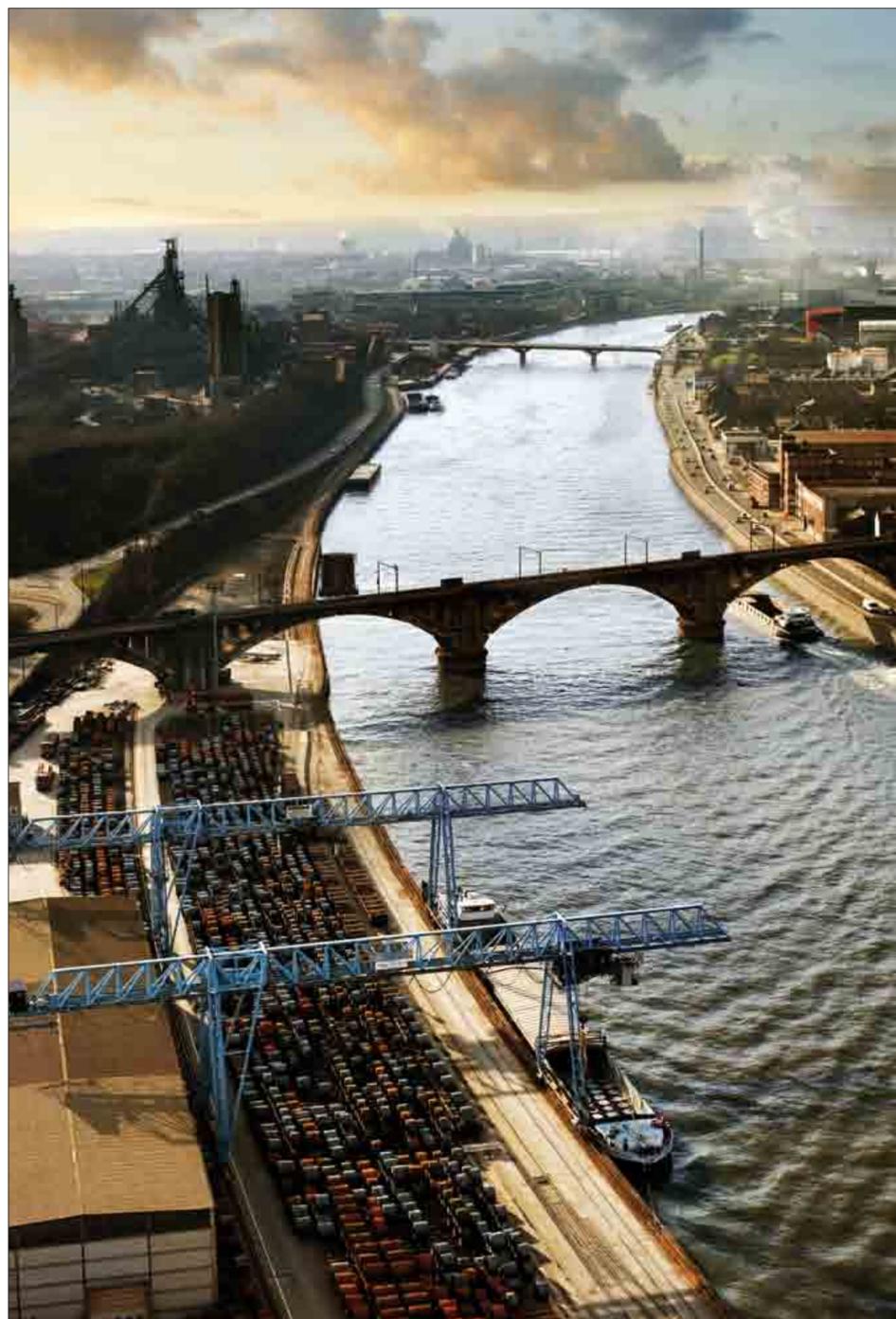
sont endommagés, l'œil d'un agent des voies expérimenté le détecte souvent plus rapidement que la plupart des appareils de mesure de pointe.

POURsuivre CE QUI A ÉTÉ ENTAMÉ Une ligne à grande vitesse est, presque par définition, de nature internationale. Le réseau existant joue donc un rôle qui dépasse largement le cadre de la Belgique. Au début des années nonante, une décision visionnaire a été prise au niveau européen sur la fonction des voies ferrées. Les principales villes européennes devaient être reliées directement les unes aux autres via un réseau de lignes à grande vitesse. Le réseau s'est développé à partir de deux noyaux : La France (et son réseau TGV) et l'Allemagne (et son réseau ICE), la Belgique constituant un lien important entre ces deux nœuds. En outre, l'Espagne et l'Italie se sont depuis également attelées à la construction d'un vaste réseau à grande vitesse. Le trafic TGV européen devrait ainsi quadrupler d'ici 2020. L'idée sous-jacente au réseau

à grande vitesse européen est qu'une liaison ferroviaire offre une solution alternative confortable, écologique et compétitive à l'avion et à la voiture. Et ce, sans embouteillages, avec le strict minimum d'émissions (indirectes) de fumées noires et de CO₂, avec des délais d'enregistrement minimes et avec des points de départ et d'arrivée au cœur des principales villes européennes.

AUTRES VOIES DE RÉFLEXION Pour chaque mètre de ligne à grande vitesse, les inconvénients et les coûts ont été soigneusement pesés par rapport aux avantages. Un critère strict en raison duquel divers projets, qui semblaient intéressants à première vue, ont été définitivement rejetés. Mais de nombreuses autres idées se sont révélées viables et ont depuis été réalisées.

UNE LGV ENTRE BRUXELLES ET LUXEMBOURG ? Le projet de construction d'une ligne à grande-vitesse entre Bruxelles et Luxembourg, via Dinant et Libramont a été



◀ Le port de Liège

longuement étudié. Mais en raison du terrain difficile, des coûts importants et de l'impact environnemental très lourd sur les zones forestières uniques de l'Ardenne, le projet a été modifié. On a ainsi opté pour une modernisation de la ligne classique en rendant d'une part le tracé plus rectiligne, et d'autre part en utilisant du matériel roulant adapté. Pour ce qui est du matériel roulant, la SNCB étudie l'opportunité de faire circuler des trains pendulaires qui permettraient un gain de vitesse considérable. (Il s'agit d'un type de train (italien à l'origine) qui « se couche » dans les virages, comme une moto de course...). Ces modifications d'infrastructure permettront prochainement que les trains puissent y rouler à une vitesse de 160 km/h (alors qu'ils roulent actuellement à 130 km/h). Les voyageurs gagneront ainsi 20 minutes sur leur trajet entre Bruxelles et le Luxembourg.

BONJOUR LE TGV FRET Il arrive aussi que surgissent des idées inattendues ! On a longtemps pensé que le train et l'avion ne pouvaient être que concurrents. Dans la pratique, les choses prennent une tournure totalement différente. Et nous ne parlons pas seulement des voyageurs qui, depuis Bruxelles, par exemple, rejoignent Amsterdam ou Paris en train, sans perdre de temps, pour y prendre leur avion intercontinental. Le transport de marchandises par TGV offre également aux entreprises de courrier express et autres transporteurs rapides un prolongement intéressant pour leurs transports par avion. Pour preuve, le projet Carex (Cargo Rail Express), un réseau à grande vitesse pour le transport de fret, avec l'aéroport liégeois de Bierset comme pivot. Il est toutefois très difficile de faire des prédictions dans ce domaine. Tout dépendra des acteurs qui viendront frapper à notre porte en 2015, après la libéralisation totale du transport ferroviaire européen. Infrabel est aujourd'hui un membre actif dans ce projet et envisage dès à présent toutes les solutions nécessaires à la mise en place de ce « TGV Fret ».

L'AÉROPORT DE BRUXELLES À GRANDE VITESSE En 2007, Infrabel lançait le projet Diabolo. Celui-ci a pour but de désenclaver l'Aéroport de Bruxelles et de le raccorder à l'infrastructure existante. De cette manière, on pourra envisager que les TGV en provenance de Cologne, Paris ou Amsterdam relient l'aéroport de Bruxelles. Le Diabolo est actuellement encore en chantier, mais il est prévu de mettre l'infrastructure en service à partir de 2012. Grâce à ce partenariat, le monde entier se trouvera bientôt à portée de main à partir de n'importe quelle gare... Une aubaine pour les voyageurs ! La construction du Diabolo a été possible grâce à la conclusion d'un PPP (partena-

riat public-privé). Infrabel s'est, pour ce projet, associée à un consortium privé en vue de construire cette infrastructure passant sous l'aéroport de Bruxelles. Élaboré sur base d'une structure financière originale, le projet a décroché en janvier 2008 le « Transport deal of the Year » et le « European Rail Deal of the Year » décernés par le magazine anglais PFI.

LA GRANDE VITESSE À LA FORCE DU VENT Bien que le TGV soit le moyen le moins polluant pour rejoindre les grandes capitales européennes, Infrabel cherche encore à réduire l'impact du train sur l'environnement.

En février 2008, elle a ainsi annoncé la création du « train à voile ». Ce projet a pour but d'alimenter directement certaines lignes ferroviaires dont la ligne à grande vitesse entre Bruxelles et Liège par de l'électricité produite par des éoliennes. Environ 1/3 de l'électricité verte provenant de ces 29 éoliennes sera utilisée sur le réseau ferroviaire. L'utilisation de cette électricité verte devrait assurer globalement une réduction de 10 % de rejets de CO₂ sur l'ensemble de la production annuelle ferroviaire (570 000 tonnes). Le train à voile devrait être mis progressivement sur les rails à partir de 2010.

▼ Le port d'Anvers





▲ Travaux de nuit aux caténaies



LEXIQUE

BALLAST Couche de pierres dures concassées qui répartit aussi uniformément que possible la charge des véhicules sur la plate-forme, amortit les vibrations dues au passage des trains, favorise l'évacuation des eaux de pluie et soutient de façon optimale la position de la voie.

CATÉNAIRES Câbles tendus au-dessus de la voie qui alimentent les locomotives en courant électrique par l'intermédiaire de leur pantographe.

CIRCUIT DE VOIE Circuit électrique placé dans le rail qui détecte la présence d'un train sur une section de rail et qui transmet l'information au système de sécurité et à la cabine de signalisation.

CULÉE Élément constitutif d'un pont. La partie à chaque extrémité du pont sur laquelle l'arc du pont ou le tablier vient se poser.

ÉCARTEMENT Distance entre les rails, mesurée entre les faces internes des bourrelets des rails. En Belgique, comme dans la plupart des pays européens, l'écartement est de 1435 mm.

ERTMS (European Rail Traffic Management System) Système européen de gestion ferroviaire, né de l'intégration des systèmes ETCS (système de signalisation) et GSM-R (système de communication) et destiné à se substituer progressivement aux systèmes de contrôle du trafic existants dans les différents pays.

ETCS (European Train Control System) Système européen de protection complète de la marche des trains et de signalisation de cabine. L'ETCS envoie des informations standardisées au conducteur pour qu'il circule de façon optimale, et effectue un contrôle complet et continu de la vitesse. Si la vitesse maximale autorisée est dépassée sur un tronçon déterminé, le système active alors automatiquement un freinage d'urgence.

GSM-R (GSM for Railways) Réseau de communication numérique spécifique au chemin de fer (voix et données). Le GSM-R est un standard européen assurant l'interopérabilité entre les différents opérateurs et réseaux de chemin de fer.

INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE Ensemble des installations fixes nécessaires pour assurer la circulation de véhicules et la sécurité de cette circulation : plate-forme, voies, caténaires, sous-stations, signalisation, quais, ouvrages d'art...

LRS (Long rail soudé) Type de rail ne subissant pas les modifications de longueur consécutives aux changements de température. La voie en longs rails soudés ne comporte plus de joints entre rails et présente des avantages importants aussi bien pour le confort de circulation que pour les coûts d'entretien. Les rails sont soudés une première fois dans les ateliers jusqu'à une longueur de 300 m, puis sont soudés sur le terrain sur une plus grande longueur.

MUR ANTIBRUIT Mur permettant de diminuer l'impact sonore. Cette solution consiste à interposer un obstacle entre la source de bruit et le récepteur (riverain, école, commerce). Ces écrans réfléchissants permettent d'obtenir une réduction sonore importante. Le béton est un excellent isolant acoustique.

PANTOGRAPHE Pièce mécanique articulée située au-dessus de la locomotive et servant à capter le courant électrique de la caténaire.

PLATE-FORME Sol terrassé (éventuellement surélevé) sur laquelle se trouve la voie ferrée.

TABLIER Plate-forme qui constitue le « plancher » d'un pont. Cette partie du pont est soutenue à ses extrémités par les culées.

TALUS Terrain en forte pente, très incliné, aménagé par des travaux de terrassement.

TRAFFIC CONTROL Centre de contrôle assurant la coordination et la régulation du trafic sur un réseau ferré ou sur une partie du réseau.

TRANCHÉE COUVERTE Ouvrage enterré destiné à la circulation routière ou ferroviaire, réalisé à partir d'une excavation à ciel ouvert et comportant une dalle de couverture supportant le terrain reconstitué ou réaménagé.

TRAVERSE Éléments en bois ou en béton permettant d'une part de maintenir les rails à écartement constant et d'autre part de répartir la charge sur le ballast.

COLOPHON

EDITEUR

GOEKINT GRAPHICS N.V. – OOSTENDE

PHOTOGRAPHIE

GROUPE SNCB, JOHAN DEHON, SPW - DIRECTION DE L'ARCHÉOLOGIE

TEXTE, DESIGN & MISE EN PAGE

SALTO, UNE DIVISION DE GOEKINT GRAPHICS N.V.-OOSTENDE

EN COLLABORATION AVEC L'ÉQUIPE DE CORPORATE & PUBLIC AFFAIRS D'INFRABEL

TRADUCTIONS

SALTO, UNE DIVISION DE GOEKINT GRAPHICS N.V.-OOSTENDE

IMPRESSION & FINITION

GOEKINT GRAPHICS N.V.-OOSTENDE

I.S.B.N.

XXXXXX

COPYRIGHT

TOUS DROITS RÉSERVÉS

© 2009 GOEKINT GRAPHICS N.V.-OOSTENDE

© 2009 TOM D'HAENENS: PHOTOGRAPHIE

Nous désirons remercier sincèrement pour leur précieuse collaboration les personnes suivantes :

Raymond Demaret, Bruno Vanaenroyde, Guy Debruxelles, Christophe Melon et leurs équipes; Dominique Gardin ;

Paul Godart; André Dewitte et ses équipes; Jos Decelle et ses équipes; Jos Sannen et ses équipes ;

Francky Verbruggen; Emile Demoulin ; Ivan Thielemans, Richard Marcelis, Guy Vernieuwe ; Ann Billiau et Stan Wagemans

... et tous ceux que nous avons peut-être oubliés.

Tous droits réservés. Aucun élément de cette publication ne peut être reproduit, stocké dans un fichier de données automatisé ni transmis sous aucune forme ou par aucun moyen, électronique, mécanique ou autre, sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

Photographie couverture: Tom D'haenens