

Le nouveau pont de Charleroi: une préfiguration de l'avenir



La pose des "bacs à ballast". Réalisés en béton, coulés sur place, ils contiendront le ballast sur lequel sera posée la voie en courbe.

Comme nous l'avions annoncé dans notre numéro précédent, nous abordons par le détail l'étude et la réalisation du nouveau pont-rails qui vient d'être lancé sur la Sambre dans le cadre des travaux de jonction par une courbe de raccordement des gares de Charleroi-Ouest et Charleroi-Sud. La mise en service de l'ensemble se fera lors de l'entrée en vigueur des nouveaux horaires en 1987. Nous aurons l'occasion de parler ultérieurement des modifications attendues dans l'exploitation ferroviaire de la région carolorégienne.

Il nous a paru utile de nous attacher à l'étude et à la réalisation de ce nouvel ouvrage d'art, car il préfigure les solutions techniques nouvelles qui seront retenues à l'avenir pour des travaux similaires à la SNCB.

Dans cette optique, *Actuel* a réuni autour de la table les ingénieurs civils de la Direction de la Voie de la SNCB qui ont été concernés — avec leurs collaborateurs — par cet ouvrage peu commun en raison des contraintes de son environnement. Ils nous expliquent les solutions retenues pour ce nouveau pont. Leurs propos rappellent aussi les procédures habituelles en vigueur à la SNCB pour la construction des ouvrages d'art. Ils nous expliquent aussi pourquoi notre savoir-faire ferroviaire est précieux et difficilement transposable dans une activité privée.

Maître-atout de ce savoir-faire: le souci constant de concilier conception et gestion, donc hautes normes de qualité et de fiabilité dans l'exploitation. Pour nos interlocuteurs, l'infrastructure est destinée à l'exploitation et il faut rester maître de l'outil ferroviaire.

Présents à cet entretien, par ordre alphabétique:

- Henri Detandt, ingénieur au bureau d'études des ouvrages d'art (V 33-11);
- Jean Herbauts, ingénieur principal dirigeant la division 33-1 (Ouvrages d'art — Etudes et spécifications);
- Jean-Marie Raviart, ingénieur principal adjoint au bureau des études de la Voie (V 32-21);

— Jacques Verstreken, ingénieur au service des contrôles et réceptions de la Direction de la Voie (33-41).

Tous quatre sont occasionnellement collaborateurs chez Transurb Consult.

ACTUEL: Quelle procédure suit la SNCB pour l'étude et la réalisation d'un ouvrage d'art?

J.H.: En fait, deux possibilités se présentent.

— Premier cas:

on décide de construire une nouvelle infrastructure (ferroviaire, routière ou navigable) et le service compétent, dès l'origine, constate que de nouveaux ouvrages d'art sont nécessaires. Cette constatation entraîne une concertation entre les services concernés

au sein de la SNCB et des administrations. Si la demande émane d'un tiers (ministères des Travaux publics ou des Communications p.ex.) il y a mise au point d'une convention qui règle la participation de chacun, sur les plans de la répartition financière et des tâches (études, exécutions).

— Deuxième cas:

le gestionnaire estime nécessaire le remplacement d'un ouvrage existant vétuste ou son adaptation à une situation nouvelle (augmentation des charges ou vitesses admises, gabarit électrique, etc.). A cet égard, il est vrai que le patrimoine existant est relativement hétérogène et nous devons l'aménager progressivement suivant les nouveaux critères.



Le nouveau pont accueille une voie dont le rayon de courbure en plan est de 190 m. Détail des entretoises appelées à supporter les bacs à ballast tout en reportant l'effort sur les poutres maîtresses. Remarquez la largeur exceptionnelle du pont en raison du rayon de courbure de la voie unique.

Quand la demande a été cernée, le bureau d'études des ouvrages d'art de la Direction de la Voie définit les lignes directrices du projet.

Il convient qu'il y ait un dialogue entre les services d'études et les responsables du projet d'infrastructure. Dans les cas complexes, il est utile, intéressant et économique que l'on tienne compte des ouvrages d'art dès l'étude du tracé. Il faut lutter contre la tendance du responsable du projet d'infrastructure à fixer unilatéralement les critères à appliquer au point.

ACTUEL: Dans le cas de Charleroi, quelles étaient les contraintes?

J.H.: Géographiquement, c'est l'hiatus entre Charleroi-Ouest et Charleroi-Sud. Pour les marchandises, il y avait obligation de rebrousser à Marchienne. Pour les voyageurs, pas de correspondances directes avec la dorsale.

L'idée d'établir une courbe de raccord est ancienne. Elle a commencé à se concrétiser dans les années '70, lors de l'aménagement routier à hauteur du Pont de la Villette: on a construit un pont-tube sous la rue Faubourg-Sainte-Thérèse, à l'emplacement de la courbe à construire. On a anticipé l'avenir et ce fut judicieux.

ACTUEL: Quelles étaient vos premières vues sur le tracé à réaliser?

J.M.R.: Vu la configuration du site, les possibilités de choix étaient faibles. Dans l'étude du tracé, nous avons dû accepter un rayon de courbure en plan de 190 mètres, alors qu'un rayon en voie principale ne peut descendre en dessous de 300 mètres. Or les charges qui passeront sur ce pont seront très importantes (poches de fonte en fusion de 260 tonnes et plus). Et l'effort exercé sur la voie est directement lié à l'importance du rayon de courbure. Il a fallu tenir compte de ces efforts dans la construction de l'ouvrage. Vu l'importance de ces efforts, une pose directe, classique, de la voie sur le pont était exclue.

D'autre part, les services locaux éprouvent beaucoup de difficultés parce que la pose directe rend difficile l'entretien de la voie et les corrections en nivellement ou en long. Nous avons donc finalement retenu la solution d'une pose de la voie sur ballast et avons dû en tenir compte dans la conception de l'ouvrage.

ACTUEL: Une voie courbe sur un pont, ce n'est pas fréquent.

H.D.: En tout cas pas sur un pont de cette importance: il n'est pas fréquent d'avoir simultanément rayons vertical et horizontal aussi faibles, sur un pont d'une telle portée. C'est tout à fait exceptionnel. Il y avait ici somme toute plusieurs contraintes: d'abord les points de raccord aux deux extrémités sont fixés par les lignes existantes; ensuite il fallait passer sous le pont-route déjà construit tout en rattrapant la différence de niveau entre les deux gares et, bien entendu, il fallait franchir la Sambre. Or, les services de la Sambre nous ont imposé un gabarit très élevé (7 mètres) de telle sorte qu'ils nous ont amené à concevoir un tracé très contraignant. Nous avons une rampe moyenne de 19 ‰ pour accéder au pont et un rayon vertical de 3.000 mètres à l'aplomb de l'ouvrage. Un tel tracé demande des précautions particulières pour assurer la sécurité de la circulation. Enfin, l'exigence imposée par les services de la navigation de ne pas construire de pile en Sambre. Initialement, ces services avaient autorisé une pile à l'image des ouvrages voisins. Nous avons procédé à une étude complète d'une double voie, avec un ouvrage classique ayant une pile en Sambre. Ensuite, après une étude hydraulique et diverses consultations, cette pile nous a été interdite compte tenu de la proximité de l'écluse et du barrage, et il a donc fallu réétudier tout le projet. C'est à ce moment que nous avons abandonné l'idée d'une double voie franchissant la Sambre. Lors de l'étude définitive, il était en effet économiquement exclu de prévoir une double voie, mais je ne crois pas qu'une simple voie sur une distance aussi

courte (400 m) représente un gros handicap pour l'exploitation.

Nous recherchons un optimum incluant économie, exploitation et fiabilité. Car l'ouvrage doit avoir une bonne tenue dans le temps: il ne faut pas qu'il y ait des frais de réfection à brève échéance et des interruptions de trafic coûteuses pour assurer l'entretien. Notre but est d'assurer le meilleur trafic possible. Construire des voies et des ponts n'est pas une fin en soi mais bien un moyen pour permettre l'exploitation.

Mais revenons aux contraintes: outre les contraintes géométriques très marquées (il fallait un ouvrage qui intègre les deux rayons horizontal et vertical) il y avait les efforts dont M. Raviart a parlé et des contraintes de charges très élevées. En effet, pour ménager l'avenir, l'ouvrage, dimensionné pour une charge de 25 tonnes par essieu, est apte à supporter un trafic de wagons-poches sans wagons intercalaires. Actuellement, la charge maximale autorisée pour ces wagons est de l'ordre de 22 tonnes à l'essieu. Compte tenu de toutes contraintes, la seule solution possible était un pont métallique, en principe construit pour une centaine d'années. Vu de loin, et de profil, ce pont a l'air classique. A y regarder de plus près, il n'en est rien: le platelage n'est pas du tout classique (1) et est constitué de "bacs à ballast" qui reposent chacun indépendamment sur les entretoises de la superstructure.

J.H.: J'ajouterai que le dimensionnement pour un trafic lourd n'a entraîné qu'un surcoût limité. De plus, nous devons penser à l'avenir et nous équiper d'une infrastructure capable d'y faire face. Nous souffrons souvent d'une capacité insuffisante parce que notre infrastructure est ancienne et non adaptée aux exigences actuelles du trafic.

Plus le poids, la fréquence de passage et la vitesse sont élevés, plus

(1) La partie inférieure du pont qui supporte directement la voie. Ici le platelage est constitué de bacs à ballast reposant sur les entretoises, elles-mêmes reportant la charge aux poutres maîtresses.

est présent le phénomène de fatigue du pont. Contrairement aux ponts récents, nos anciens ouvrages ne sont pas aptes à supporter ces nouvelles exigences et constituent une entrave au développement du chemin de fer. Nous, les gestionnaires de l'infrastructure, sommes très sensibles au développement du potentiel ferroviaire.

ACTUEL: Combien de temps a duré l'étude du projet?

H.D.: Le projet final — le second en fait, compte tenu de tous les contacts avec les services concernés, a demandé une bonne année d'étude.

ACTUEL: Comment s'organise la procédure de réalisation d'un ouvrage?

J.H.: Lorsque l'étude est terminée, le service d'exécution prépare un cahier des charges qui permet après approbation, de procéder à une adjudication des travaux, via la consultation d'entreprises agréées par la SNCB. Les entreprises intéressées remettent une offre pour exécuter le travail. Dans le cas présent, les travaux ont été subsidiés par le Ministre des Communications, puisqu'il s'agissait d'une liaison améliorant la desserte ferroviaire.

Il est de tradition à la Direction de la Voie de préparer des dossiers d'adjudication très complets pour que le travail soit bien défini au moment de l'adjudication, ce qui évite au maximum les discussions en cours de réalisation. Il y a enfin toute la procédure budgétaire de telle manière que, lorsque l'adjudication a eu lieu et que le dossier a été soumis au Conseil d'administration, le budget nécessaire soit disponible.

H.D.: Lorsque Jean Herbauts parle de dossiers d'adjudication complets, cela veut dire que le pont est entièrement défini (fondations, tabliers). En particulier, pour la superstructure métallique, toutes les pièces, tous les cordons de soudure, tous les boulons sont définis. Cela signifie que l'on peut

pratiquement passer à la réalisation de l'ouvrage! Ici, les travaux ont été entamés en août 85. La durée de réalisation a été fixée à 500 jours calendrier pour la mise en service, c'est-à-dire après l'essai du pont par une charge significative de locomotives; en quelque sorte la livraison du pont "clé sur porte"!

J.V.: Pour la partie fabrication en ateliers, les aciers ont été commandés en décembre 1985, livrés en février '86 à l'atelier, et l'expédition des pièces s'est faite vers le chantier de montage en juin '86.

ACTUEL: Comment s'organise la fabrication d'un tel ouvrage?

J.V.: Il y a en fait deux parties qui se déroulent simultanément:

- a) les travaux sur chantier, sous la direction de l'ingénieur dirigeant et de son personnel de surveillance: les piliers, l'aménagement des abords, la structure bétonnée in situ, etc...;
- b) Les travaux en atelier: la fabrication de la structure métallique.

Notre service s'occupe du contrôle et des réceptions en usine. Nous veillons donc au respect des prescriptions contenues dans le cahier des charges et aussi au respect de *règles de l'art*. Par étape, nous vérifions d'abord les matières de base, les produits de soudure, les boulons, etc... Ensuite, on procède à l'agrégation des procédures de soudage et des soudeurs. Nous avons ici utilisé d'une part le soudage manuel par électrode enrobée et d'autre part, le procédé de soudage automatique sous flux. Ce dernier est une première à la SNCB, pour un pont-rails de cette importance. Nous y reviendrons.

Par après, nous suivons tous les travaux en atelier (découpage des pièces, vérifications des tolérances prescrites, etc...). Finalement a lieu le "montage à blanc"; toutes les pièces sont ajustées et montées comme cela est prévu, à la seule différence que les boulons ne sont pas mis en place. Le "montage à blanc" permet de véri-

fier la géométrie finale de l'ouvrage, et principalement la contre-flèche (1).

ACTUEL: Ce n'est pas la première fois que l'entreprise adjudicataire travaille avec la SNCB.

J.H.: En effet, la firme ABT dont les ateliers sont situés à Braine-le-Comte, a déjà construit le viaduc de Lixhe sur le Canal Albert et a produit plusieurs unités de matériel roulant (grues, engins pour le renouvellement des voies, bogies). ABT était ici l'entreprise adjudicataire et a pris un sous-traitant pour la partie génie civil.

ACTUEL: Des points à mentionner dans vos rapports avec les firmes?

J.H.: Dans chaque entreprise, il y a toujours des discussions. Pourquoi? Parce que l'étude a lieu forcément à une date antérieure à la date de début des travaux. Le cahier des charges ayant été dressé et l'adjudicataire désigné, nous constatons souvent une évolution sur le site: modifications des conditions locales, de certains aspects techniques (fourniture des produits, disponibilité des produits, nouvelles technologies, etc...). Nous sommes donc confrontés au décalage et à des propositions de l'entrepreneur qui essaye de tirer parti de certaines innovations comme ici, le procédé de soudage automatique, déjà évoqué. De notre côté, nous avons dû nous adapter à la technique nouvelle des boulons à haute résistance indispensables pour certains assemblages.

Enfin, il y a toujours les demandes internes de la SNCB ou les desiderata nouveaux des commanditaires (Travaux publics, Ministère, etc...).

Le fait, qu'en cours de réalisation, les deux parties soient demanderesses suppose un dialogue. Je crois pouvoir dire qu'ici le dialogue est resté dans une honnête moyenne et que les dis-

(1) La contre-flèche caractérise la cambrure de l'ouvrage: c'est verticale entre la face inférieure du pont en son milieu et la droite théorique reliant ses deux extrémités.

cussions ont été franches et fructueuses. D'autre part, nous savions dès l'étude du projet que nous devrions faire appel à des techniques nouvelles. Dès ce stade, nous avons pris des contacts officiels avec les constructeurs pour avoir leur avis sur la faisabilité et la conception de points délicats, toujours ce souci d'avoir une étude complète!

ACTUEL: Quelles sont les innovations technologiques de cet ouvrage?

J.H.: Vu latéralement, le pont a l'air classique, mais sa largeur est inhabituelle. Compte tenu du rayon de courbure très faible de la voie (190 m), sur la portée de la travée principale de 86 m, cette courbure entraîne ce que l'on appelle une flèche de 5 m environ, (la flèche est la distance entre le point d'entrée ou de sortie de la courbe et le sommet de la courbe). Cette flèche inhabituelle très importante augmente énormément le gabarit qu'il a fallu donner à la voie sur le pont.

Les poutres principales — donc la structure portante — de 86 m étant situées de part et d'autre de ce gabarit forcément élargi, la distance entre ces deux poutres est de 12 m contre 6 m généralement, ce qui permettrait presque de poser trois voies en alignement.

De plus, les poutres maîtresses — identiques pour les ponts classiques — sont ici différentes compte tenu du fait que l'excentricité de la voie au milieu de la travée. Nous avons donc étudié une structure comportant deux poutres maîtresses différentes — cela permettait une économie de matière — avec l'aide d'une étude informatisée tri-dimensionnelle qui a mis en exergue les phénomènes de torsion de l'ouvrage.

La voie ne sera pas posée en devers, mais il ne fallait pas non plus susciter un devers négatif lors du passage d'un convoi: de là deux sections de poutres tout-à-fait différentes, chacune ayant été conçue en fonction de ce qu'elle doit porter.

De plus, elle présentent à peu près — pour ne pas dire la même — déformation de telle sorte que, lors du passage d'un train, la flexion soit homogène et n'entraîne aucune conséquence défavorable sur la voie. Nous en revenons au but initial: le pont n'est qu'un moyen de supporter la voie, la voie devant être apte à supporter le trafic!

J.M.R.: J'ajouterai que pour diminuer l'impact dynamique et l'entretien ultérieur, la voie sera posée sans joint sur le pont, malgré le très faible rayon de courbure. Ceci nous a amené à utiliser un nouveau type d'appareil de dilatation pouvant être posé cintré dans un aussi faible rayon.

H.D.: Autre innovation: les "bacs à ballast". Nous avons ici le premier grand pont ballasté sur le réseau. A l'avenir, nous comptons bien ballaster tous les ponts de grande portée, car les responsables de la voie se plaignent — à juste titre — que le système de la pose directe sur un pont métallique pose des problèmes lors de l'entretien.

J.H.: Ce surcroît de coût à l'investissement sera très vite compensé par les gains obtenus lors de l'entretien. En outre, avec les nouvelles normes de calcul, le "poids mort" n'est plus nécessairement contraignant.

J.M.R.: L'entretien d'une voie posée directement est difficile en raison des possibilités de réglage très réduites.

J.H.: Je préciserai en outre que l'aspect bruit — le système sonore est moindre avec ce nouveau système — est de plus en plus présent lors de la procédure d'obtention du permis de bâtir, avec des discussions d'ailleurs de plus en plus longues, de plus en plus difficiles en raison du nombre croissant d'autorités qui interviennent dans la procédure.

J.M.R.: La SNCF, pour son réseau TGV, a dû faire une étude très particulière pour résoudre justement la question de la jonction de la voie entre un pont et la plate-forme, car il faut graduellement passer à des élasticités de valeur différentes. La pose du ballast rend la solution plus facile.

ACTUEL: Des aspects nouveaux pour la partie "assemblage"?

J.V.: Nous avons utilisé ici la technique de soudage automatique sous flux. Ce n'est pas une première dans l'industrie, mais bien à la SNCF. Il faut savoir que les ponts ferroviaires sont plus sollicités dynamiquement que les ponts routiers. Le problème qui se posait était de connaître le comportement de l'ouvrage du point de vue de la fatigue, c'est-à-dire les phénomènes liés à la répétition dans le temps de charges et donc des sollicitations.

Dans le cas présent, nous avons établi avec le constructeur un protocole d'essai, avec des éprouvettes de grande dimension (nous avons réalisé des pièces de 10 mètres de long avec des sections quasi identiques à la réalité). Donc des essais en grandeur nature. Nous avons obtenu des résultats instructifs et très satisfaisants et cela nous a amenés à marquer notre accord pour l'utilisation du procédé de soudage automatique sous flux.

Ce procédé présente deux avantages: d'une part, il élimine les risques liés au facteur humain; d'autre part, on atteint des niveaux de qualité très élevés du point de vue des caractéristiques mécaniques de la soudure.

J.H.: C'est la première fois au chemin de fer qu'un atelier accepte de faire des pièces d'essai en grandeur nature; cela a permis d'étudier très concrètement le comportement des pièces. Auparavant, le Ministre des Travaux publics avait déjà procédé aux essais sur des pièces de petite dimension. Notre manière de procéder en grandeur nature nous a montré que nous avons eu raison de ne pas extrapoler à partir de pièces de petite dimension.

Résumons-nous, et rappelons les quatre innovations éventuelles dans cet ouvrage:

1. un ouvrage à deux poutres principales différentes avec pose sur ballast d'une voie de très faible

rayon avec des contraintes de tracé liées à la situation existante;

2. l'application d'une nouvelle technique de soudage et le développement d'un programme d'essai sur base d'un protocole entre le constructeur et la SNCB.
3. la mise en œuvre de boulons à haute résistance obligatoires dans ce cas-ci compte tenu des sollicitations aux nœuds de la structure métallique;
4. l'utilisation et la conception de programmes informatiques qui ont permis d'étudier l'ouvrage en trois dimensions, dans l'espace.

Notre bureau fait de plus en plus appel à l'informatique et nous avons des propositions pour introduire la CAO (Conception assistée par ordinateur) chez nous, à la SNCB.

ACTUEL: Le savoir-faire ferroviaire de nos ingénieurs, de nos techniciens, est-il transposable dans une entreprise privée?

J.M.R.: Nous sommes en Belgique le seul bureau spécialisé dans l'étude de la voie. Il me semble inconcevable de pouvoir étudier des appareils et matériaux de voie sans savoir comment on les entretient, ce que cela peut coûter, ce que cela implique du point de vue exploitation, comment ces appareils s'usent. Et, dans la pratique, ce sont plutôt les firmes privées qui, via Transurb Consult, viennent nous consulter dans notre spécialité des matériaux et appareils de voie. Toutes nos activités nous permettent d'exporter en fait un savoir-faire unique en Belgique.

J.V.: Pour ce qui relève du secteur de la surveillance et réception en usine, je citerai un cas concret: lorsque je me rends en atelier et examine les réalisations en cours pour le compte d'autres clients que la SNCB,

j'ouvre de gros yeux devant certaines réalisations. Et l'on me répond: cela n'est pas pour vous! Alors, je me pose la question suivante: que va devenir notre qualité si ce sont d'autres organismes de contrôle qui viennent contrôler.

Enfin, l'incorporation de la mission de contrôle dans une adjudication — qui se base par définition sur un prix minimum — amène l'adjudicataire à prédéterminer le nombre d'heures de surveillance en atelier. Lorsque des problèmes surgissent en cours de fabrication, le nombre d'heures prévu s'avère insuffisant, ce qui rend très aléatoire l'efficacité de la mission de contrôle. Or, c'est précisément à ce moment-là qu'elle se révèle la plus importante et la plus nécessaire!

J.H.: Il ne faut pas perdre de vue que le chemin de fer représente une technique spécialisée. Et j'insiste sur le point de vue suivant: nous, les Cheminots, devons rester maître de notre outil. Nous devons avoir chez nous des concepteurs et des gestionnaires qui travaillent main dans la main, pour arriver au moindre coût. Je crois que tous les cheminots ont en vue ce problème: conception en vue d'assurer l'avenir; concepteurs et gestionnaires.

Or, les entreprises privées sont en général des fabricants, des fournisseurs qui n'ont pas ce souci des gestionnaires. Lorsqu'un entrepreneur propose des solutions autres que celles étudiées par la SNCB, on sent immédiatement qu'il y a un souci de gain immédiat, et fort peu de l'avenir de l'ouvrage (entretien, surveillance, accessibilité, etc...). Ils ne sont pas sensibles à ce problème du futur d'un ouvrage.

On nous taxe souvent d'être des traditionalistes, mais il est exclu que notre exploitation soit influencée par des risques inconsidérés dans le choix des innovations. Par ailleurs, construire un ouvrage demande des contacts permanents avec tous les services au sein de la Société. La souplesse nécessaire est assurée par le fait que nous sommes proches des

collègues qui maîtrisent les problèmes, chacun dans leur domaine.

Lorsque l'étude est confiée au privé — cela arrive parfois — ce contact est beaucoup plus malaisé. Et le coût de ces prestations est très difficile à cerner dans les contrats passés avec le privé.

Je voudrais aussi rappeler que le service des ouvrages d'art a été particulièrement examiné par l'étude d'audit à la SNCB. Il a été reconnu que notre rentabilité était égale — si pas supérieure — à celle des bureaux privés. Cela a été acté par le Comité d'action. Face à toutes les pressions que nous subissons actuellement, mon leitmotiv est: "Restons maître de notre outil".

Le récapitulatif des données techniques se trouve en page 10.

