

28 juin 2007 - La Bergerie de Manon à Boulbon**Le pont aval sur la Durance et les ouvrages de la LEO au sud d'Avignon**

Le 28 juin 2007, la délégation Méditerranée de l'AFGC a organisé une série de conférences sur le pont aval sur la Durance et les ouvrages de la liaison Est Ouest au sud d'Avignon suivie d'une visite de chantiers.

Rappel du programme

9h20 Accueil et présentation de la nouvelle organisation des services routiers de l'Etat
[Jacques RESPLENDINO, président de la délégation Méditerranée de l'AFGC, DIR Méditerranée](#)

9h30 Présentation générale de l'opération LEO
[Joël POU, DRE PACA/SMO, Maître d'ouvrage](#)

9h45 La Protection de l'environnement en Durance
[Robert BONNEFOY, DIR Méditerranée, SIR Marseille](#)

10h05 Présentation des ouvrages et du pont aval sur la Durance
[Robert BONNEFOY et Tarek FAR, CETE Méditerranée](#)

10h40 L'impact des Eurocodes sur la conception et la justification du viaduc sur la Durance
[Daniel LE FAUCHEUR, SETRA](#)

11h15 Déroulement et particularités du chantier du viaduc sur la Durance
[A FRBEZAR, entreprise DODIN](#)

11h45 Conception et exécution des passages inférieurs sous la liaison ferroviaire PLM
[JM PAIN, SNCF et P FAURE, entreprise CBM](#)

12h30 Déjeuner sur place à la Bergerie de Manon

14h15 Visite des ouvrages sous la PLM

14h45 Visite du chantier du viaduc aval sur la Durance

Le mot du président de l'AFGC Méditerranée
[Jacques RESPLENDINO](#)

L'association française de génie civil est un lieu d'échanges où se côtoient maître d'œuvre, maître d'ouvrage, bureaux d'études, architectes et plus généralement tous les acteurs oeuvrant pour le génie civil. Le but de l'association est de faciliter le partage des connaissances et des savoir-faire. Les nombreuses manifestations organisées par les six délégations régionales de l'association ainsi que les publications scientifiques et techniques contribuent grandement à atteindre cet objectif. L'expérience acquise sur le terrain est également mise en avant lors des visites de chantier.

La nouvelle organisation des services routiers de l'Etat
[Jacques RESPLENDINO](#)

La réduction conséquente du réseau routier de l'Etat depuis la dernière phase de décentralisation a conduit à une restructuration importante. Des services régionaux de maîtrise d'ouvrage (SMO) ont été positionnés au sein des directions régionales de l'équipement (DRE) afin de piloter les projets routiers neufs de l'Etat. De plus, onze nouvelles directions interdépartementales des routes (DIR) ont été dotées de compétences en matière de gestion de la route (exploitation, entretien) et

d'ingénierie routière. Les DIR sont ainsi maître d'œuvre lors de la conception et la réalisation des projets routiers neufs de l'Etat.

Présentation générale de la liaison Est Ouest au sud d'Avignon - LEO[Joël POU](#)

Le projet LEO est une liaison rapide à 2x2 voies entre les autoroutes A7 et A9. Reliant deux régions et trois départements, la LEO s'inscrit parfaitement dans le développement du Grand Avignon en facilitant l'accès aux grands équipements de la ville et aux principaux pôles régionaux PACA et Languedoc-Roussillon. Cette liaison permettra également de délester les axes du centre ville.

Afin d'optimiser l'avancement du projet LEO, un découpage en trois sections fonctionnelles a été effectué. Les sections Est et Ouest feront l'objet d'études préliminaires dans les années à venir. La section centrale, déclarée d'utilité publique fin 2003, est elle-même découpée en trois tronçons. La partie centrale comportant le viaduc aval sur la Durance est actuellement en travaux alors qu'un partenariat public-privé est actuellement à l'étude pour les deux autres.

La première tranche en travaux (section centrale) comporte cinq échangeurs sur une longueur totale d'environ 5km. Elle permet notamment le franchissement de la Durance et de la voie ferrée Paris Lyon Marseille (PLM). La mise en service de cette première tranche aura lieu en 2009. Elle a nécessité un financement à la hauteur de 122 millions d'euros

Les dispositions prises pour la protection de l'environnement en Durance.[Robert BONNEFOY](#)

Une prise de conscience générale du contexte et des enjeux environnementaux a conduit les différents acteurs du projet à s'engager à respecter l'environnement. La Durance est un site classé ZNIEFF, ZICO et NATURA 2000. Son franchissement par un viaduc a donc fait l'objet d'une très grande attention d'un point de vue environnemental. Ainsi, il a fallu huit versions du Plan de Respect de l'Environnement (PRE) et quatre versions du Plan d'Alerte Pollution (PAP) afin de satisfaire les maîtres d'œuvre et d'ouvrage. D'autres mesures importantes ont été prises comme l'élaboration d'un plan de gestion des déchets, la mise en place de contrôles internes et externes réguliers durant les chantiers, l'établissement de fiches de procédures visant à identifier les solutions environnementales qui seront mises en œuvre par type de travaux...

Présentation des solutions étudiées et du pont aval sur la Durance[Robert BONNEFOY et Tarek FAR](#)

Le contexte a très vite imposé le choix de l'ouvrage. Le milieu de type bocage méditerranéen très plat où tout

accident fort est banni et la sobriété du bâtiment voyageur de la gare TGV d'Avignon ont motivé l'architecte à se fixer un objectif de discrétion en matière d'insertion de l'ouvrage dans le site.



Photo aérienne du site d'implantation

Les contraintes géologiques, hydrauliques, physiques et environnementales ont ensuite conduit aux choix des piles, au type de fondation et aux protections à mettre en œuvre sur l'ouvrage.



Élévation d'une pile dans la Durance

Les solutions à deux tabliers ont rapidement été écartées lors d'une réunion de conseil intégré en raison de leur coût trop important, de leur impact hydraulique et des problèmes de phasage que sa réalisation aurait engendré.

En ce qui concerne la structure, l'objectif de discrétion défini préalablement a restreint le choix à deux solutions, caisson en béton précontraint ou bipoutre mixte, écartant de ce fait toute solution plus originale telle que pont à haubans par exemple.

Ensuite, deux solutions possibles pour la position de la culée côté gare TGV étaient envisagées, impactant directement sur la longueur de l'ouvrage et définissant ainsi deux catégories de solutions : solutions courtes (longueur de l'ouvrage de 645m) et solutions longues (longueur de l'ouvrage de 760m).

Enfin, la limitation à six du nombre d'appuis en Durance diminuait encore le panel de solutions envisageables.

Finalement, au vu de toutes ses exigences, une seconde réunion de conseil intégré limita le nombre de solutions étudiées à quatre.

Les manifestations régionales

2 solutions courtes longueur de 645m		
Piles en Durance	6	5
structures	Bipoutre mixte	Caisson BP

2 solutions longues longueur de 760m		
Piles en Durance	6	5
structures	Bipoutre mixte	Caisson BP

Solutions étudiées

Une analyse comparative conduit à ne retenir que les deux solutions longues pour le projet d'ouvrage d'art, en particulier à cause des critères environnementaux (intégration sur site - Mur de soutènement pour les solutions courtes). Une optimisation de la position des culées a finalement ramené la longueur du viaduc à 740m.

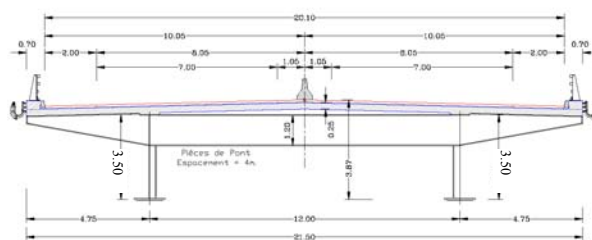
L'appel d'offres a ainsi été lancé pour les deux solutions longues :

- Bipoutre mixte,
- Caisson béton précontraint (3 âmes dans la partie élargie).

Le groupement d'entreprises Dodin - Campenon Bernard Méditerranée pour le Lot Génie Civil et Cimolai pour la charpente métallique s'est vu confier la réalisation des travaux du viaduc aval sur la Durance pour la solution mixte avec six appuis dans la Durance.

Voici quelques caractéristiques géométriques de l'ouvrage :

- Tracé en plan :
 - Rayon de 400m en rive droite
 - Alignement droit en traversée de la Durance
 - Rayon inverse de 400m en rive gauche
- Profil en long : Parabole de 10 000m centrée en milieu de la rivière
- Dévers et profil en travers :
 - Tablier unique - dévers en toit de 2.5%
 - BAU de 2m de chaque côté
 - 2 voies de 3.5m de chaque côté
 - TPC de 2.1m



Coupe transversale type

Il s'agit d'un pont bipoutre mixte acier-béton franchissant la brèche au moyen de 10 travées pour une longueur totale de 740m. L'ouvrage est conçu avec des pièces de pont espacées de 4m et conserve une largeur d'encorbellements de 4.75m. Les poutres en acier thermomécanique de limite d'élasticité 460MPa sur appui ont une hauteur constante de 3.5m. La dalle

participante est en béton armé de 24cm d'épaisseur avec un taux de ferrailage élevé. Les appuis sur terre sont des piles circulaires de 3m de diamètre dédoublées. Les appuis en rivière sont des piles uniques, elliptiques et pleines, surmontées d'un large chevêtre précontraint transversalement.



Photomontage de l'ouvrage en rivière

L'impact des Eurocodes sur la conception et la justification du viaduc sur la Durance

Daniel LE FAUCHEUR

Les charges d'exploitation à reprendre par la structure sont définies par l'Eurocode 1 partie 2 (EN 1991-2). On constate qu'elles sont plus sévères pour les bipoutres que les charges réglementaires françaises du fait que la voie 1 est fortement chargée (coefficient d'excentrement). Pour la vérification des efforts dans l'ouvrage, on utilise l'eurocode 4 (EN 1994 parties 1.1 et 2 - calculs des structures mixtes acier-béton), et l'Eurocode 3 (EN 1993 parties 1.1 et 2 - calculs des structures en acier) pour les vérifications de la charpente métallique.

De façon générale, l'utilisation des Eurocodes génère des calculs plus complexes mais les instabilités sont beaucoup mieux prises en compte (flambement, voilement...). Le déversement plus sévère sur le viaduc avec le calcul Eurocode par exemple, conduit à un renforcement de l'entretoisement de part et d'autre des piles et à une augmentation de la largeur des semelles.

En ce qui concerne la dalle en béton, étudiée avec les Eurocodes 2 (EN 1992) pour les parties en béton et l'Eurocode 4 pour le fonctionnement mixte, les prescriptions du guide SETRA pour la maîtrise de la fissuration des dalles se retrouvent dans l'Eurocode 4. Pour la flexion locale, la notion de fissuration préjudiciable est remplacée par les critères de contrôle de l'ouverture des fissures de l'Eurocode 2. Pour les ponts à pièces de pont, le cumul des flexions générales et locales sous ELS caractéristique est plus contraignant que les vérifications effectuées séparément sous flexion générale et sous flexion local.

On note par ailleurs que le **Bulletin Ouvrage d'Art n°54 du SETRA** présente des **Abaques pour la flexion locale d'un bipoutre à entretoises**, établies par Sébastien Brisard.

Les manifestations régionales

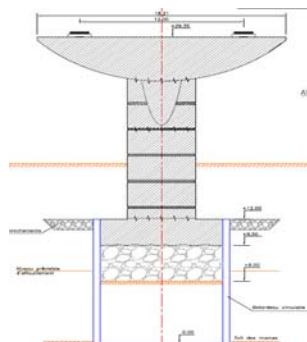
Déroulement et particularités du chantier du viaduc sur la Durance

A FRBEZAR

La réalisation du viaduc sur la Durance présente quelques particularités intéressantes.

Les piles elliptiques en rivières ont été réalisées à l'intérieur de batardeaux. Le principe de construction d'une pile respecte le phasage suivant :

- Mise en place du guide puis des palplanches du batardeau



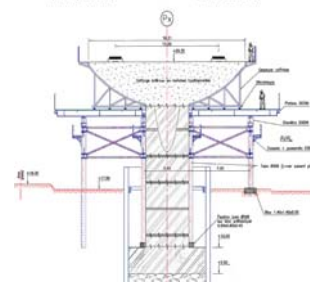
- Terrassement à la pelle puis à la benne preneuse

- Réalisation du bouchon béton

- Réalisation : semelle

- Réalisation : élévation

- Réalisation du chevêtre :
- Pose de l'étalement lourd
- Pose du fond de moule
- Pose des armatures
- coffrage et bétonnage



Les appuis sur terre ont également été construits à l'intérieur de batardeaux, cette fois-ci rectangulaires.

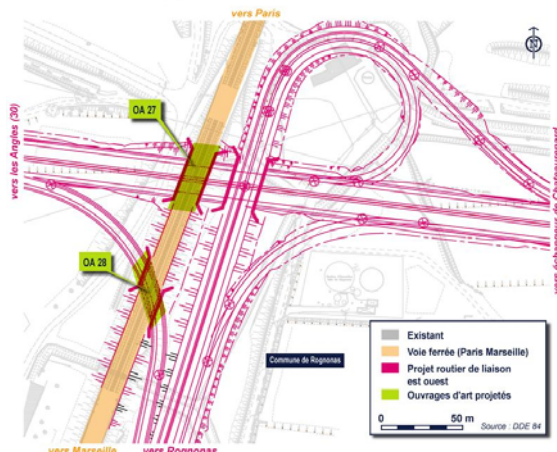
En rive gauche, la charpente est assemblée puis lancée à l'aide d'un treuil (un second treuil de retenue est utilisé). Une attention toute particulière est portée aux lignes électriques très hautes et hautes tensions qui traversent la plate-forme. En rive droite, l'assemblage s'effectuera à la grue.

Conception et exécution des passages inférieurs sous la liaison ferroviaire Paris Lyon Marseille

JM PAIN et P FAURE

Outre la présentation du viaduc aval sur la Durance, la manifestation du 28 juin 2007 de la délégation Méditerranée de l'AFGC a été également l'occasion de présenter la réalisation des deux ouvrages de la LEO sous la voie ferroviaire Paris Lyon Marseille (PLM). Il s'agit plus précisément pour la voie ferrée de franchir la 2x2 voies (OA27) et la bretelle de sortie de Rognonnas (OA28).

Le projet d'échangeur routier Les ouvrages de franchissement de la voie ferrée



Ouvrages ferroviaires sous la PLM

Il s'agit d'ouvrages massifs à haute densité de ferrailage permettant de reprendre les charges ferroviaires importantes.

Lors de la conception des ouvrages ferroviaires, l'impossibilité de dévier ou de fermer temporairement les voies SNCF est une très grande contrainte. La programmation des interceptions de circulation ferroviaire se fait 2 ans à l'avance. Les méthodes de réalisation sont donc prépondérantes dans les choix et possibilités de conception. Pour ces deux ouvrages, une solution de préfabrication / ripage a été préférée à la méthode classique utilisant des tabliers auxiliaires. Ceci est dû à la disponibilité d'emprises à proximité immédiate des ouvrages et à la possibilité de détournement des circulations ferroviaires par la ligne Avignon Miramas par Salon, permettant d'obtenir des interceptions de circulation de 55 heures.

Cependant, la mise en place des deux ouvrages après la phase de préfabrication a connu quelques difficultés. Deux dates de coupure de la ligne SNCF pour la mise en place sous les voies avaient été planifiées (50h pour le ripage de l'OA28 puis 48h pour le ripage de l'OA27 quinze jours plus tard). Lors du ripage de l'OA28 (technique retenue : déplacement sur coussins d'air - système APS Freysinnet / Hebetec) des tassements anormaux sont survenus et il a fallu reculer l'ouvrage dans l'urgence afin de rétablir le remblai en temps et en heure pour assurer la reprise de la circulation ferroviaire dans les délais prévus. Une analyse postérieure plus précise des problèmes rencontrés a révélé la présence d'une couche de limon très argileux de 4.70m au lieu de 2.50m indiqué par les sondages les plus proches. De plus le niveau de la nappe était très haut suite à des précipitations importantes la semaine précédant le ripage.

Afin de respecter les délais, les solutions proposées pour la suite des travaux furent les suivantes :

- Purge systématique jusqu'aux graviers
- Utilisation d'un autre système de ripage pour l'OA28

Les manifestations régionales

- Ripage des deux ouvrages durant la phase prévue pour l'OA27, en portant la durée de coupure de 55 à 72h.

L'OA28 a été déplacé sur chariots hydrauliques Kamag puis l'OA27 sur coussins d'air. Le challenge consistant à riper deux ouvrages en moins de 72h (mais aussi terrasser 20 000m³, remblayer 7000m³, gérer dans un espace réduit 150 personnes, plus de 20 engins lourds de terrassement, 4 grues mobiles et 2 systèmes de ripage différents) a été réussi grâce à l'esprit d'équipe qui s'est créé entre les divers intervenants et à la qualité du travail des ouvriers, techniciens et cadres qui se sont relayés durant ces 72h.



Système Kamag



Système APS Freysinnet / Hebetec

Visites de chantiers

Afin de rendre encore plus bénéfiques les différentes conférences, l'après-midi a été consacrée à la visite des ouvrages présentés le matin : le chantier du viaduc aval dur la Durance et également les deux ouvrages d'art 27 et 28 passant sous la ligne ferroviaire PLM.

L'élévation de toutes les piles du viaduc est terminée et l'avant-bec fixé sur le bi-poutre arrivait sur la première pile en Durance rive gauche lors de la visite.

La proximité des deux ouvrages SNCF est marquante lorsque l'on se retrouve sur le site.

Cela permet davantage de se rendre compte des difficultés qui ont pu être rencontrées lors du ripage quasi simultané des deux ouvrages.



Chantier du viaduc sur la Durance



OA27



OA28

Conclusion

Cette journée a permis de réunir de nombreuses personnes qui sont intervenues sur la LEO afin de présenter aux participants la conception et la réalisation de trois ouvrages d'art. De plus, elle s'est avérée être un lieu d'échanges à la fois lors de questions-réponses le matin mais surtout lors du déjeuner et des visites.

Compte-rendu rédigé par
Jean-Marc COUDESFEYTES
Élève-ingénieur de 2ème année à l'ENTPE de Lyon