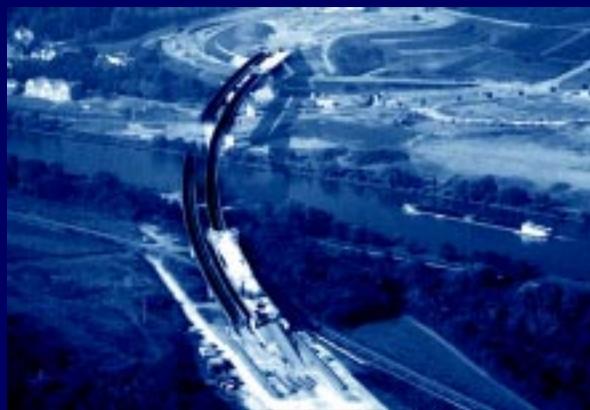


viaduc de schengen

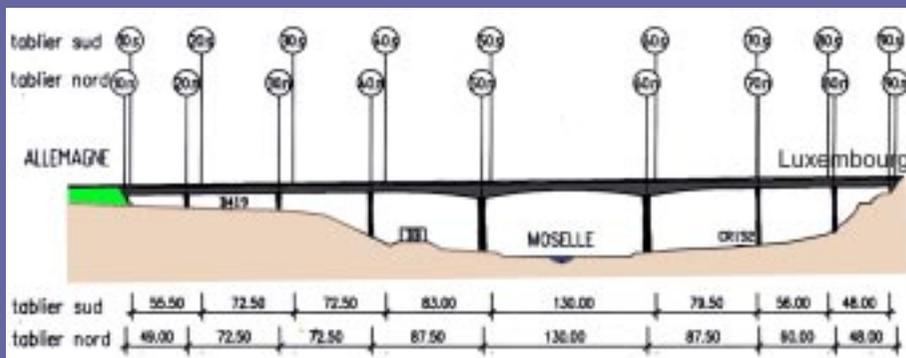
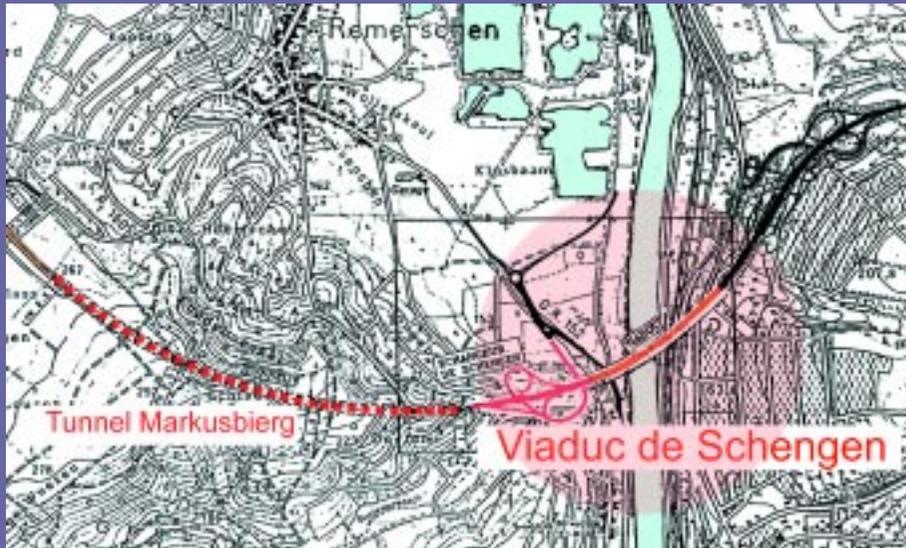
Les travaux comprennent le viaduc d'une longueur de 600 mètres, un échangeur, un passage inférieur et un bassin de rétention.



LIAISON
AVEC LA
SARRRE



viaduc de schengen



le viaduc frontalier de SCHENGEN

Le viaduc frontalier de Schengen fait la jonction entre l'autoroute A13 du Grand-Duché de Luxembourg et la BAB 8 de l'Allemagne.

Le pont, étudié et construit sous la direction des autorités luxembourgeoises, entrera dans la compétence des services allemands après son achèvement. Conformément à la convention entre états, les coûts de construction, qui s'élèvent à environ 1 milliard de francs luxembourgeois (25 Millions EURO), sont partagés au pro rata des longueurs respectives entre les 2



états partenaires. Sur une longueur de 600 m, l'ouvrage franchit la bretelle d'accès à l'échangeur de Schengen, une route communale, la route nationale

luxembourgeoise N10, la Moselle navigable avec ses chemins de halage aménagés en pistes cyclables, la ligne de chemin de fer Perl-Coblence, ainsi que la route fédérale allemande B419.

Parmi les avant-projets étudiés, dont un caisson à fond en dalle mixte et une structure à appuis centraux à béquilles en V, la variante retenue a fait l'objet d'une optimisation esthétique des appuis.

Le viaduc est constitué de 2 tabliers mixtes à 8 travées, avec une

longueur de travée centrale de 130 m. Les âmes des caissons sont inclinées 1:8 et la hauteur de construction varie de 3.20 m dans les travées de rive jusqu'à 6.40 m sur appuis centraux. En travée centrale, l'intrados suit une courbe parabolique. L'entretoisement est constitué de cadres, entredistants de 6.0 m. En fonction des sollicitations, les raidisseurs sont composés d'augets trapézoïdales en tôle pliée, de caissons rectangulaires soudés ou d'aciers plats.

Les caissons métalliques sont fabriqués dans 4 ateliers différents et prémontés sur site. Pour chaque tablier, la mise en place des 25 tronçons se fait soit par grutage (rive



luxembourgeoise et caissons de rive à hauteur variable), lancement (caissons à hauteur +7- constante sur rive allemande) et hissage à partir d'un convoi fluvial sur la Moselle. Les parties hissées sont entièrement

assemblées sur ponton en atelier. Le calcul global de la structure a été effectué en barre courbe en tenant compte des épaisseurs et inerties variables. Une justification à la fatigue a été menée conformément à l'Eurocode 3 et au règlement français y relatif.

Localement, les zones d'appui ont été modélisées par des éléments finis. Pour tenir compte des effets de torsion de section ouverte en travées de rive et de section contreventée en zone centrale en phase de montage, la structure entière a été modélisée par des éléments de plaques et de barres. Pour les parties lancées, une étude du patch-loading des âmes raidies a été menée par une analyse modale et un calcul élasto-plastique à grands déplacements. L'épaisseur de la dalle, large de 14,5 m, varie de 20 cm en bout du porte-à-faux à 35 cm au-dessus des âmes. A l'axe du caisson, elle présente une épaisseur de 25 cm.

Le béton, d'une résistance de 45 MPa sur cubes à 28 jours, est composé d'un ciment Portland de fer PF 40 (CEM II BS 42,5), de graviers de Moselle et de sables du Bas-Rhin 0/2.



La composition a été étudiée de façon à permettre un décoffrage après 40 heures.

A l'extérieur, les caissons métalliques seront munis d'un revêtement de protection anticorrosion à 4 couches (1x époxy-zinc 70 µm, 2x époxy-80 µm, 1x polyuréthane 80 µm), la dalle sera protégée par une étanchéité en polyuréthane projeté sur un époxy bicouche.

Les piles centrales, les culées, ainsi que les caissons sont accessibles. Au droit des piles, des trappes ont été aménagées dans la tôle de fond afin de permettre l'accès aux chevêtres des piles pour l'inspection des appareils d'appui sphériques. Les travaux, qui ont été adjugés suite à une soumission internationale, ont commencé le 16 novembre 1998 et seront achevés en 2001. La mise en service du pont est prévue en 2002

viaduc de schengen



CARACTÈRES TECHNIQUES

DESRIPTIF DE L'OUVRAGE

Le viaduc comprend deux ouvrages disposés parallèlement, supportant chacun une chaussée autoroutière.

Les tabliers en structure mixte ont une portée totale respectivement de 596 mètres et 607 mètres.

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

TRACE EN PLAN

Le viaduc présente sur toute la longueur un rayon de 1.100 m.

TRACE EN LONG

La pente est de 0,4% vers la rive allemande.

PROFIL EN TRAVERS

Le dévers est de 4%.
La largeur totale du viaduc (2 tabliers parallèles) est de 29m.
-Le **tablier** est continu sur 8 travées,

la travée principale enjambant la Moselle est de 130 mètres.

Le tablier est voûté de chaque côté des piles aux axes d'appui 50 et 60. La hauteur varie de 5,60 m sur appuis à 3,60 mètres en travées, ce qui correspond à un élancement de 1/23, respectivement 1/36.

La section transversale est constituée d'un caisson métallique, soudé à deux âmes, fermé d'une dalle supérieure en béton armé.

Le caisson est rigidifié par des cadres intérieurs entredistants de 6 mètres (distance moyenne).

En fonction des sollicitations, le raidissage des tôles se fait par des augets trapézoïdaux et des caissons rectangulaires.

Le dallage en béton armé porte dans le sens transversal et n'est pas précontraint.

Le béton B45 est constitué de sable.

viaduc de schengen

FONDATIONS

La culée côté allemand (Perl) et les piles aux axes 20 et 30 sont établies en faisant usage de semelles superficielles dans la marne compacte avec une substitution de sol en place par un béton de remplissage d'une épaisseur < 1,5 m.

Aux axes 40 à 60, les semelles sont posées directement sur la dolomite compacte avec une faible substitution de sol. Les dimensions des massifs de fondation varient et dépendent des piles.

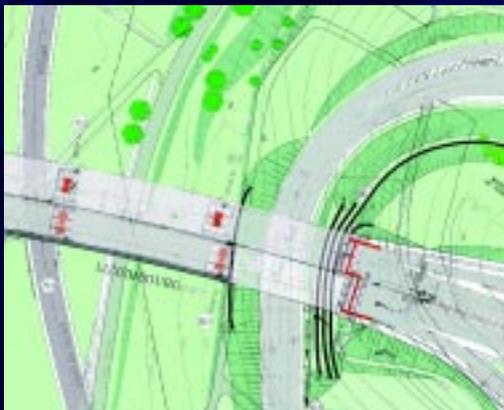


Les axes 70 et 80 sont situés au niveau d'une faille, qui se présente aux environs de l'axe de l'autoroute.

Le niveau de la dolomite compacte baisse au fur et à mesure de la progression vers le Luxembourg. Les fondations reposent sur des pieux forés de 1,20 m de diamètre appuyés sur la dolomite.

CULEES

Les culées sont constituées d'un chevêtre reposant sur un massif de béton. Les culées des ouvrages, côté allemand, ainsi que côté



luxembourgeois, sont décalées de 5 m, afin de mieux s'adapter à la situation et de réduire la hauteur des talus.

Les culées sont accessibles. Un passage de service entre le mur garde-grève et le tablier rend possible l'accès au caisson et l'inspection des appareils de dilatation.

La culée luxembourgeoise est fondée sur pieux de 1,20 m de diamètre et de +/- 30 m de longueur.



PILES

La forme des piles a été choisie selon les critères géométriques, statiques et esthétiques.

On peut différencier trois groupes de piles:

- les piles principales de chaque côté de la Moselle;
- les piles d'une hauteur importante dans la vallée;
- les piles courtes, côté allemand.

Les piles principales aux axes 50 et 60 sont en béton armé, d'un fût rectangulaire de 6,40 x 2,80 m et d'un fruit de 50:1 au sens longitudinal.

Au sens transversal, la largeur est constante.



Le fût est creux et accessible à partir du pied et du tablier (tête de pile).

La pile axe 50 Nord est confortée en base d'un béton de remplissage partiel (heurts de

pires

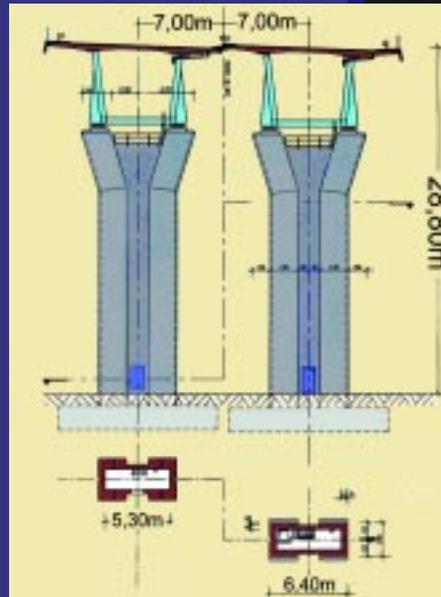
bateaux). Les têtes de piles sont en forme de Y.

Les piles dans les axes 40, 80 et 90 affichent le même aspect que les piles principales, mais avec des dimensions plus faibles.

La hauteur varie de 17 à 24 m. La section pleine du fût a les dimensions de 5,20 x 2,0 m avec un fruit de 50:1. Les piles aux axes 10 et 30 sont plus courtes et d'une forme particulière.

Elles sont d'une section pleine de 6,70 x 1,80 m sans fruit.

L'élargissement de tête est plus faible que celui des hautes piles.



Pour l'exécution des piles, on a fait usage de paniers de ferrailage préfabriqués, mis en oeuvre par des grues tour. Les paliers intermédiaires des piles creuses sont constitués de prédalles.



viaduc de schengen

LA CHARPENTE METALLIQUE

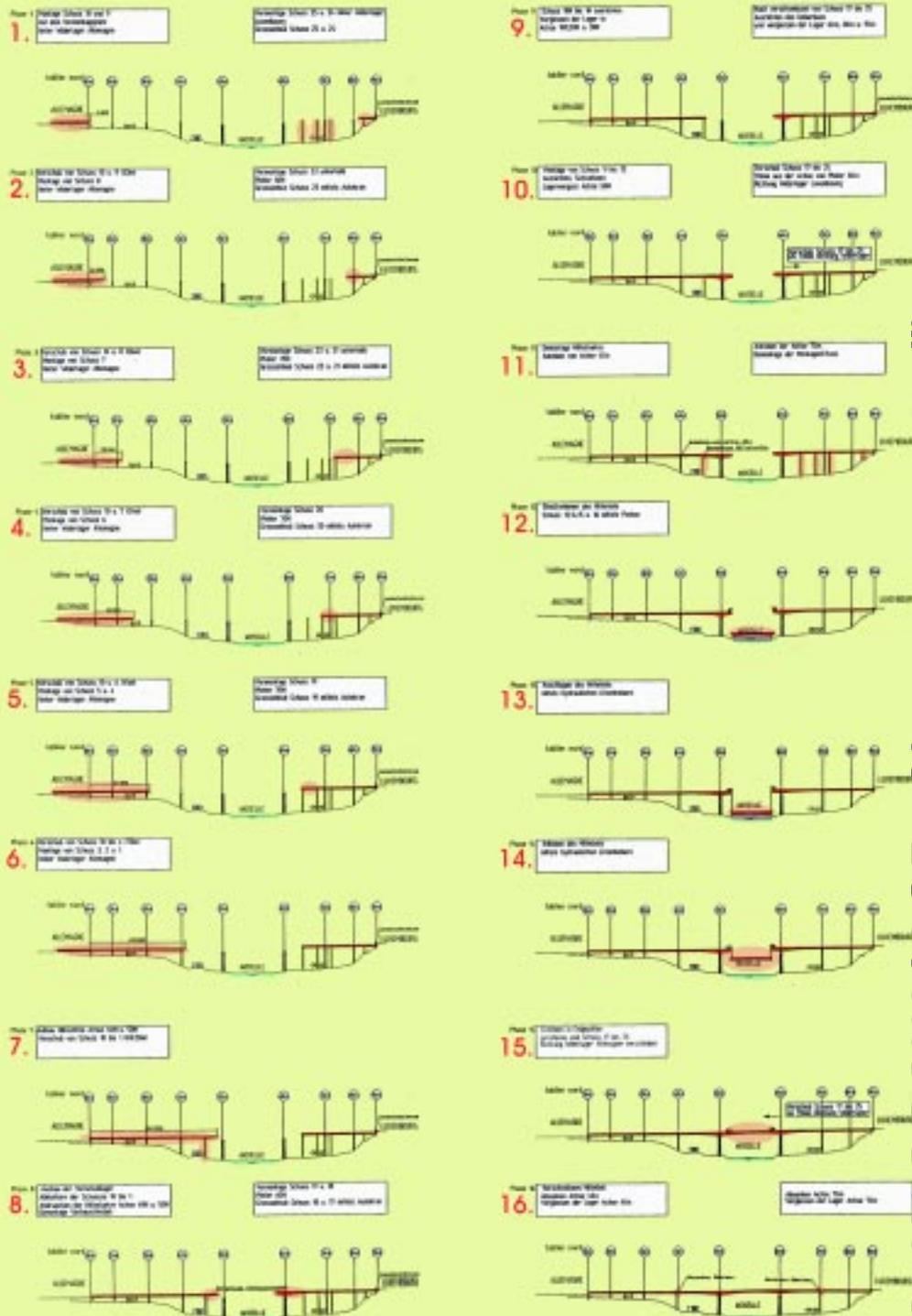
En coupe transversale, les caissons sont constitués de deux âmes inclinées 1:8 et d'un fond de caisson horizontal, le dévers de la chaussée étant repris par une différence des hauteurs d'âme. L'entretroisement est constitué de cadres inférieurs, entredistants de +/- 6 m.



En section courante, les âmes sont munies de 2 séries de raidisseurs en forme d'augets trapézoïdaux d'épaisseur de 6 ou 10 mm. Sur appuis centraux, on augmente à 4 séries d'augets.

Le fond de caisson est raidi sur toute la longueur par 4 rangées de raidisseurs, constituées en fonction des sollicitations d'augets trapézoïdaux (épaisseur 6, 10 ou 12 mm) en travées de rive, de caissons rectangulaires (ép. 12 mm) sur appuis principaux et d'aciers plats en zone à traction prépondérante en milieu de travée centrale.

Pour les semelles supérieures, on a systématiquement fait usage des tôles à épaisseur variable.



PLAN DE PHASAGE Charpente métallique

charpente métallique

charpente

Avec une largeur constante de 800 mm, leur épaisseur varie de 22 mm à 140 mm.

Le fond de caisson a été divisé en 3 zones d'épaisseurs différentes: en coupe transversale, les extrémités sont à inertie variable (épaisseur maximale 60 mm sur appuis centraux et 45 mm en grande travée) et la tôle centrale à épaisseur constante.

Les âmes sont constituées de tôles à épaisseur constante. Tous les éléments constitutifs suivent la courbure en plan.



Pour assurer la liaison avec la dalle en béton armé, des goujons KOCO 22x125 sont prévus en 4 rangées à des distances variables, avec une augmentation du nombre au droit des reprises de bétonnage.

Le système de protection anti-corrosion des caissons correspond aux prescriptions allemandes ZTV-KOR:

- en atelier: première couche de 70 µm en époxy-zinc, 2 couches de

protection en époxy-micacé de fer (à 80 µm chacune),

- sur site: couche de finition en polyuréthane avec micacé de fer 80 µm.

Fabrication et mise en oeuvre des caissons métalliques:

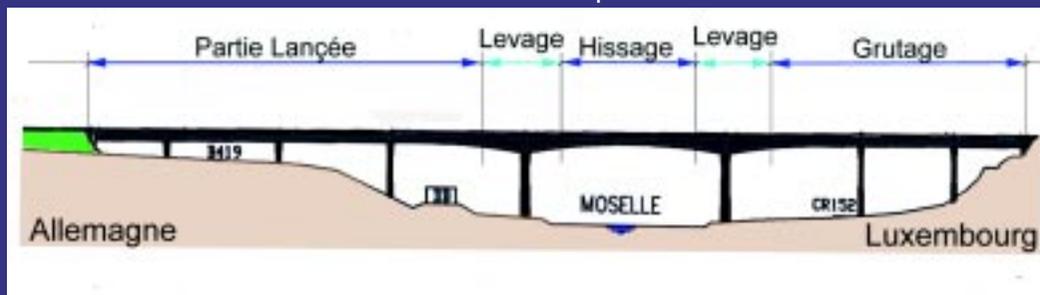
Longitudinalement, les caissons métalliques ont été divisés en 25 tronçons. En coupe transversale, on a encore partagé les tronçons en 3 éléments pour la section courante (à hauteur constante) et en 5 éléments pour les tronçons sur piles centrales (à hauteur variable). La mise en place des éléments 1 à 10 (côté RFA) a été réalisée par



lançage, les éléments 19 à 25 ont été mis en place par grutage avec des grues automobiles, les éléments appuis centraux ont été levés

Moselle.

Sur site, la section transversale a été rétablie au sol. Le fond de caisson comporte 2 joints de soudure longitudinaux sur toute la longueur du pont.



viaduc de schengen

hissage levage
grutage

Lançage

Pour le lancement, le caisson est posé sur un chariot de lancement en zone de montage. Les rails de lancement suivent la courbe en plan. Sur piles, on a installé à un niveau élevé des appuis de lancement, composés d'un gros appui en néoprène de rotation portant un sommier sur lequel sont disposés les



appuis de petit format pour la répartition de la charge sur une longueur de 2.0 en-dessous de l'âme. Le lancement est exécuté par deux vérins mono-torons, travaillant en phase, et tirant le chariot de lancement, qui glisse sur les rails par l'intermédiaire des patins en PTFE. Il n'y a pas de palées provisoires

intermédiaires. Sur les appuis, on utilise également des plaques en teflon. Le réglage transversal se fait avec des vérins de 25 tonnes.



L'avant-bec est une structure droite en treillis d'une longueur de +/- 24 m, constitué de profilés laminés.

Pour le lancement, des études spéciales ont été menées afin de déterminer la charge critique de voilement de l'âme sous l'effet des charges concentrées (Patch-Loading). A cet effet, une partie du caisson a été modélisée en coques et on a procédé à une analyse modale et un calcul élasto-plastique à grands déplacements. Sur site, les réactions d'appuis les plus défavorables pendant le lancement ont été mesurées lors des phases critiques de lancement, afin de contrôler la correspondance entre le calcul et la réalité.

Après le lancement, le dévérinage a été entamé en plusieurs étapes suivant un scénario établi par le bureau d'études.

Grutage

La mise en oeuvre des éléments à hauteur constante sur la rive luxembourgeoise a été réalisée à l'aide de grues automotrices. En fonction de l'emplacement des aires de montage et de l'encombrement du chantier, 2 tronçons ont été soulevés en une seule opération.



lançage
grutage



Levage

Les tronçons à hauteur variable sur piles centrales ont un poids allant jusqu'à 380 tonnes. Leur mise en place a nécessité l'usage de grues de forte capacité. Comme les opérations se sont déroulées près de la Moselle et particulièrement sur des alluvions ou remblais de faible qualité, l'étude des sols a préconisé une substitution partielle par des matériaux de qualité.



Hissage

Pour l'élément hissé d'un poids de 380 tonnes et d'une longueur de 90 m, les tronçons 13 à 17 ont été soudés 2 par 2 en atelier et puis assemblés sur un ponton à Lauterbourg. Par un convoi pousseur à 3 pontons accouplés, chaque élément a été amené au site en un trajet de 4 jours par le Rhin et la Moselle.

Le hissage des 2 parties centrales a été réalisé à l'aide de 4 vérins à torons de levage à 10 torons, la charge maximale par vérin étant de quelques 100 tonnes. Chaque opération de hissage a nécessité la fermeture de la voie navigable pendant une journée. Le positionnement du caisson a été effectué à l'aide de treuils ancrés dans les berges, un treuil de halage situé dans l'axe du pont a servi au réglage fin à l'aplomb des torons en attente. La course est de l'ordre de 28 m. Afin de permettre

viaduc de schengen



le réglage convenable des joints de soudure, un jeu de 75 mm a été laissé entre les caissons, et on a surélevé provisoirement les appuis 40 et 70, adjacents aux piles principales.



Provisoirement, pendant les phases de hissage et de bétonnage, la section du caisson en travée centrale a été fermée par un contreventement pour améliorer la reprise de la torsion due à la courbure en plan.

Application du système de protection anti-corrosion:

A part la couche finale de protection, la majeure partie des revêtements est appliquée en atelier. Sur site, il faut cependant exécuter la protection de tous les joints soudés, les réparations et les retouches. Il a fallu mettre en oeuvre une nacelle fermée, apte à suivre le profil de l'intrados et de permettre un travail facile au droit des piles.

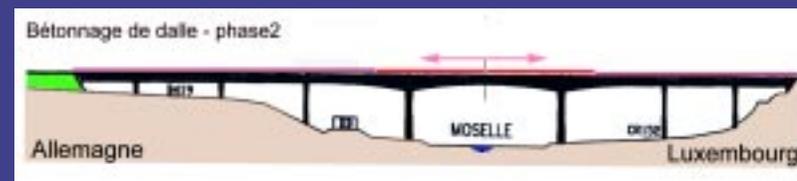
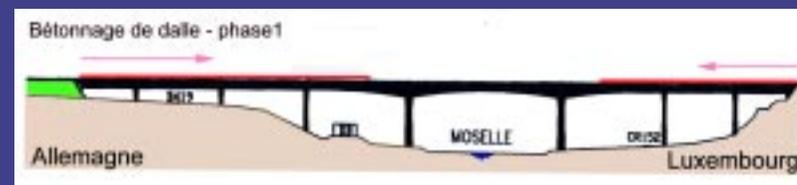


hourdis



Mise en oeuvre des dalles

La largeur de dalle est de 13.65 m pour le caisson Sud et de 13.95 m pour le caisson Nord. L'épaisseur de la dalle varie de 20 cm en extrémité à 35 cm sur semelles et 25 cm en partie centrale. Le taux de ferrailage est systématiquement de 0.8 % en travées et de 2 % sur piles.



Le béton est d'une qualité B45 (résistance sur cubes), on utilise un acier BSt 500 S.

Chaque tablier comporte 52 phases de bétonnage de +/- 12 m de longueur. Le bétonnage est réalisé par équipages mobiles. Les cycles de bétonnage comportent 4 jours, à savoir:

- 1er jour: décoffrage et avancement du chariot,
- 2e jour: ferrailage de +/- 12 tonnes d'acier,
- 3e jour: bétonnage d'une phase,
- 4e jour: chariot en attente.

A ce rythme, il est possible d'avancer en moyenne de 5 phases par chariot en 2 semaines.

échangeur échangeur

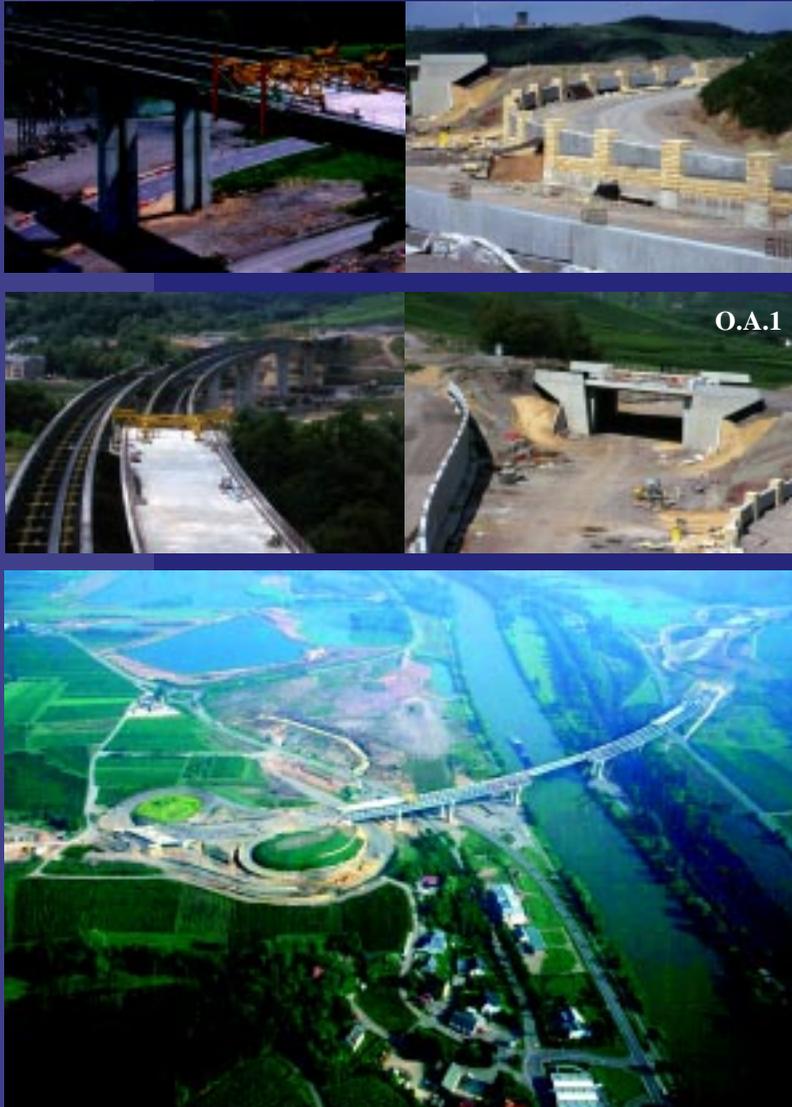
Préalablement, il a fallu élaborer une composition de béton permettant un décoffrage à 40 heures et développant une résistance satisfaisante à 28 jours. Un soin particulier a été mis sur l'exécution des reprises de bétonnage pour obtenir une surface apte à reprendre l'effort tranchant de la dalle.

Pour bétonner la travée centrale de façon +/- symétrique, le premier chariot (côté Allemagne) a démarré 4 phases en avance par rapport au second. Ensuite, les bétonnages se sont suivis des deux rives jusqu'à la zone des moments négatifs sur appuis principaux. Arrivés à cet endroit et dans l'optique d'éviter les grands moments de flexion négative sur piles, les chariots sont ensuite déplacés au milieu de la travée centrale pour bétonner vers l'extérieur.

Les équipages mobiles ont été munis d'un plancher étanche en sous-face afin de sécuriser la circulation sur les voies franchies et de permettre le nettoyage des âmes suite aux bétonnages.

Serré entre la sortie du tunnel et la culée du viaduc dans les vignes du Raederberg, l'échangeur de Schengen constitue un lien à caractère local entre la grande voirie et

la voirie normale. Projeté dans un terrain difficile, le projet de l'échangeur minimise l'occupation du sol et récupère au maximum les matériaux de déblais. Ceci a pour conséquence des rayons restreints et des pentes assez raides. Le projet de l'échangeur comprend les travaux à la bretelle d'accès passant en-dessous du viaduc, des terrassements en déblais pour approcher ensuite la partie principale, l'exécution d'un passage inférieur au centre de l'échangeur et la réalisation d'un remblais important pour les bretelles d'accès à la voie directionnelle vers Luxembourg. Entre la route nationale N10 et la bretelle d'accès, le bassin de rétention récoltant toutes les eaux superficielles de l'ouvrage a trouvé sa place.



Pour assurer une bonne intégration au niveau paysager par des procédés de construction modernes et adaptés, la stabilisation de ce remblais a été réalisée par des files de gabions de pierres naturelles de 2 m de hauteur.

viaduc de schengen

échangeur

Le remblai a entièrement été réalisé avec les marnes du site, avec toutefois des matériaux d'apport pour réaliser des couches drainantes tous les 1.50 m.

Au droit de la séparation des différentes bretelles, les dénivellations ont dû être reprises par des murs de soutènement en béton armé de qualité RILEM. Le pied des murs de soutènement a été muni d'un parement en pierres naturelles pour rappeler les pierres apparentes des gabions. Entre chaque plot, les joints de construction sont cachés par des socles massifs, qui présentent également un moyen de structuration architectural.

Le passage inférieur, dénommé OA I, est un pont-cadre de la même famille que les autres ouvrages courants de l'autoroute. L'ouvrage est constitué d'une dalle, de deux murs de front, de murs en aile et en retour et de murs de soutènement. L'aspect du pont est résolument contemporain et les parements sont en béton-vo structuré. La corniche est en éléments métalliques peints. A l'extrémité de l'encorbellement Sud sera intégré un écran anti-bruit transparent.

Un élément important lors du chantier a été la découverte de très importants vestiges archéologiques en bas du Raederberg et près de la jonction à la route N10.



15

Principales caractéristiques

Vitesse de base échangeur:	50 km/h
Vitesse de base autoroute:	100 km/h
Pente maximale échangeur:	6 %
Rayon minimal:	30 m (bretelle d'entrée sur viaduc)
Déblais-remblais:	80.000 m ³ de terres marneuses
Excédent (terre non-réutilisable):	10.000 m ³
Cubage de gabions:	3.000 m ³
Portée de l'OA I:	11,2 m
Largeur biaisée de l'OA I:	60 m
Biais de l'OA I:	145 grades



