

ministère des travaux publics

route du nord



1998 - 2007

nord **d**



## index

## pages

historique - route du nord	06 - 09
route du nord - généralités	10 - 21
les ouvrages / lots	
- tunnel gosselerbiert	28 - 71
- viaduc de lorentzweiler	72 - 83
- échangeur de lorentzweiler	84 - 87
- tunnel grouft	88 - 99
- plateau de haeschtreferbiert	100 - 103
- passage à gibier rengelbour	104 - 105
- tunnel stafelter	106 - 109
- château d'eau stafelter	110 - 113
- échangeur waldhaff	114 - 117
- viaducs glaasbuurgronn et grossheck	118 - 125
- jonction grünwald	126 - 133
conception architecturale	134 - 139
recherches archéologiques	140 - 147

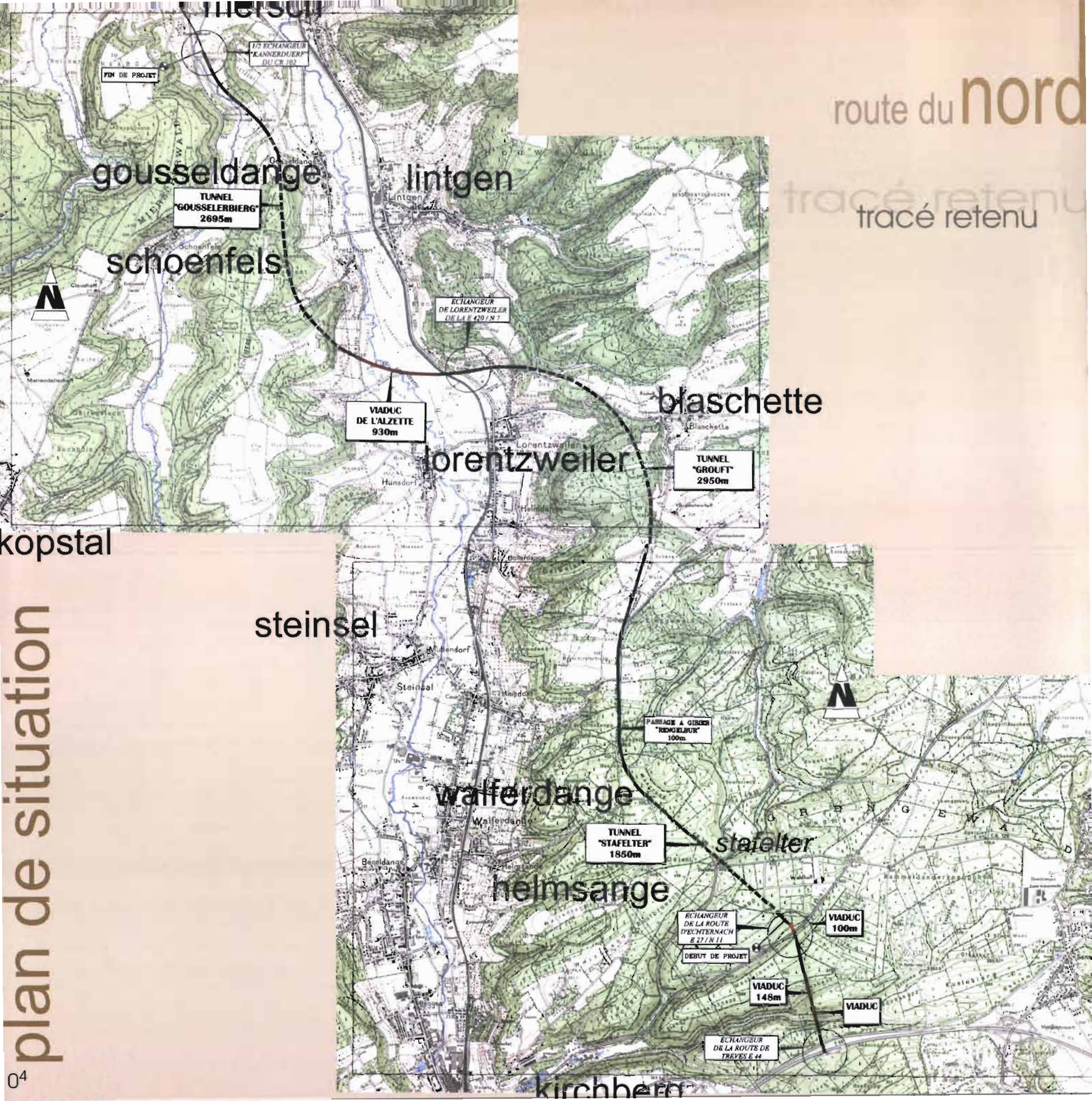
de luxembourg-kirchberg à mersch

route du **nord**

GRAND DUCHE DE LUXEMBOURG  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES

route du **nord**

t r o n ç o n  
LUXEMBOURG-KIRCHBERG  
-  
CONTOURNEMENT DE MERSCH



route du nord

tracé retenu

gousseldange

lintgen

schoenfels

TUNNEL  
"GOUSSELERBERG"  
2695m

ECHANGEUR  
DE LORENTZWEILER  
DE LA R 120 / N 7

VIADUC  
DE L'ALZETTE  
930m

blaschette

lorentzweiler

TUNNEL  
"GROUFF"  
2950m

kopstal

steinsel

waiferdange

PASSAGE A GIBIER  
"RENGELBUR"  
100m

TUNNEL  
"STAFELTER"  
1850m

stafelter

helmsange

ECHANGEUR  
DE LA ROUTE  
D'ECHTERNACH  
E 27 / N 11

DEBUT DE PROJET

VIADUC  
100m

VIADUC  
148m

VIADUC

ECHANGEUR  
DE LA ROUTE DE  
TREVES E 44

kirchberr

plan de situation

variantes



historique  
route du nord

historique

## chronologie de la route du nord

- **Pendant les années 30:** Premiers débats et investigations pour construire une route traversant le Grand-Duché de Luxembourg du Nord au Sud.
- **De 1939 - 1945:** Pendant la Seconde Guerre mondiale, le Nord du pays fut considérablement touché, particulièrement pendant l'offensive ardennaise. A la fin de la guerre, d'autres projets de construction que la route du Nord étaient prioritaires.
- **1950:** Les grandes lignes du réseau autoroutier européen ont été fixées dans la "Déclaration sur la construction de grandes routes de trafic international", signée à Genève le 16 septembre 1950 et révisée à Genève le 15 novembre



- **1955:** Certains axes de ce réseau touchent le Grand-Duché de Luxembourg, à savoir:
  - l'axe Metz - Luxembourg - Trèves
  - l'axe Karlsruhe - Sarrebruck - Luxembourg
  - l'axe Luxembourg - Metz - Nancy

Ce large réseau est complété par des autoroutes à vocation régionale, ayant avant tout pour fonction de relier les métropoles et les pôles économiques, ainsi que de faciliter la traversée et d'améliorer la fluidité du trafic.

- **Pendant les années 60:** Les revendications pour la construction d'une route menant vers le Nord étaient plus fortes que jamais.
- **1967:** Le 16 août 1967, la chambre des députés votait une loi ayant pour objet la création d'une grande voirie de communication et d'un fonds des routes.
- **1972:** La loi du 16 août 1967 a été complétée par celle du 29 août 1972. En effet, avant cette époque, il n'existait aucune loi spéciale relative aux travaux de la grande voirie. La loi du 29 août 1972 définit le programme de la grande voirie et son statut, le mode d'exécution, les dispositions pénales à appliquer, le fonctionnement du fonds des routes, ainsi que la procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique.

# route du nord



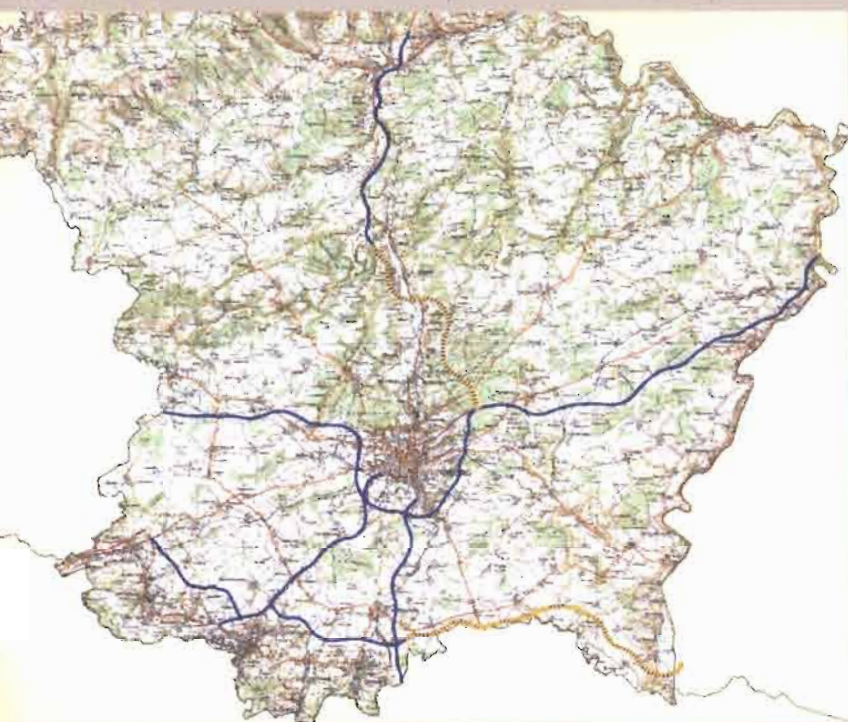
plan des variantes

strassen

kirchberg

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

- Le programme général d'établissement d'une grande voirie de communication au Grand-Duché de Luxembourg comprenait également la route du Nord.
- Ainsi, a été défini dans l'article 6: "Une nouvelle route de Luxembourg à Ettelbruck, partant du boulevard de contournement de la Ville de Luxembourg (Strassen), avec raccordement à la voirie de la vallée de l'Alzette, dans la région de Heisdorf - Lorentzweiler et de Mersch, et à la voirie du Nord du pays à partir, du contournement de la ville d'Ettelbruck, dans les régions de Feulen-Bas (direction de Doncols - Bastogne) et Friedhof - Diekirch (direction de Wemperhardt - Eupen)".



Le mot entre parenthèses (ici: Strassen), a pris une signification considérable et déterminait l'embouchure de la route du Nord dans la partie Ouest du contournement de Luxembourg-Ville. De nombreuses discussions politiques ont été menées à ce sujet. Les habitants de l'Ouest du pays, trouvant que leur qualité de vie était menacée, se sont opposés à cette décision et ont proposé le déplacement de la route du Nord dans la vallée de l'Alzette. La variante de "l'Alzette" est née.

- Mais les débats concernant la route du Nord n'ont pas été menés à bout, faute de priorité de la part du gouvernement.

### - Pendant les années 70:

La priorité était donnée à la construction d'une liaison autoroutière entre la France et la Belgique, qui a été achevée fin '70, début '80.

### - Pendant les années 80:

Les habitants du Nord se sentaient de plus en plus à l'écart et ont commencé à se révolter contre la politique du gouvernement. C'est alors que le gouvernement a réagi et a ordonné la construction du Contournement d'Ettelbruck et de Schieren.

- **1989:** Ouverture du Contournement d'Ettelbruck.

- **1993:** Ouverture du Contournement de Schieren.

- L'ennui était qu'à la fin du compte, les deux contournements ressortaient en demie plate-forme autoroutière transformée en une voie rapide à 3 voies et non comme une autoroute à deux fois 2 voies, prévue initialement. La raison de cette planification était due aux mesures d'économie de l'Etat, qui connaissait dans les années 80 des problèmes de trésorerie, notamment dus à la récession de l'ARBED.

### - Début des années 90:

Après l'achèvement complet des travaux de l'autoroute de Trèves (1992), rien ne semblait arrêter la construction de la route du Nord. Toutefois la tendance de l'époque était plutôt "écologique". Dès lors, le ministre des travaux publics Marcel Schlechter proposait une variante dite "Okovariante", qui prévoyait des viaducs et des tunnels tout au long de la vallée de l'Alzette.

- Mais les habitants de la vallée de l'Alzette se sont opposés à cette variante, en voyant un danger imminent pour leur qualité de vie et pour l'environnement. Après de nombreuses études, cette variante s'est révélée impossible suite à l'urbanisation très dense de cette partie du pays. Comme la vallée est également sujette aux inondations, l'aménagement d'une route supplémentaire y aurait renforcé l'imperméabilisation des sols et ainsi aggravé les crues de l'Alzette.

- Le successeur de Marcel Schlechter, Monsieur Robert Goebbels, poursuivait les nombreuses discussions sur la route du Nord, en intégrant une troisième variante. Il s'agissait de la variante "Est". Elle avait comme



avantage de lier le Nord avec l'aéroport de Luxembourg et l'autoroute de Trèves. Intuitivement, le partie "des verts" et d'autres associations écologiques étaient totalement contre toute nouvelle route du nord et particulièrement contre cette variante Est, en créant une polémique autour de la fameuse et mythique forêt "Grünwald". A cette époque, 5 routes traversaient déjà le Grünwald (N30, CR124, CR125, CR126, N11).

- **Le 30 avril 1992**, malgré toutes les protestations des opposants, la Chambre des Députés votait avec grande majorité (74,5%) pour le tracé de la variante "Est". Toutefois, il a encore fallu quelques années pour remplacer le mot entre parenthèses "Strassen" par "Kirchberg" dans l'article de loi du 29 août 1972. De multiples débats politiques et études d'experts ont encore été menés pour déterminer le tracé exact et pour minimiser l'impact de la route sur l'environnement. L'étude, la plus connue, était celle du bureau d'étude suisse "Ernst Basler und Partner AG". Elle prévoyait un tunnel géant, style "Alpentunnel" d'une longueur de 8,35 kilomètres entre Kirchberg et Lorentzweiler, c-à-d, le creusement d'un tunnel sous le "Grünwald". Cette variante a été abandonnée suite à un coût de réalisation (17,5 mia.) et d'exploitation (42 mio. par an) trop onéreux. Une autre raison était également un accroissement disproportionné des risques d'accident dans le tunnel; accidents, perturbations techniques et électriques, incendies,...

- **1995**: En février 95, le ministre des travaux publics, Robert Goebbels, présentait lors d'une conférence de presse, le tracé quasi définitif de la route du Nord entre Mersch et Luxembourg. Avec un coût supérieur à 12 milliards, ce tracé prévoyait une voie express à 2 fois 2 voies, 39% de tunnel, 9% de viaduc, 52% de section courante. Comme prévu, la route du Nord serait raccordée à l'autoroute de Trèves à la hauteur du Kirchberg, traverserait le "Grünwald", passerait en-dessous du "Stafelter" et du lieu dit "Grouft", franchirait la vallée de l'Alzette et rejoindrait finalement le contournement de Mersch. Cependant, ce tracé devait encore être approuvé par la Chambre des Députés (1996).

- **En juillet 1996**, les premiers 8,6 km de la route du Nord ont été inaugurés. Il s'agit du tronçon de l'échangeur "Fridhaff" jusqu'au Contournement de Schieren.

- **Le 16 novembre 2001**: Le deuxième tronçon de la route du Nord est mis en service. Il s'agit du tronçon de Mersch à Colmar-Berg. Cette partie de la route du Nord est une véritable autoroute avec bandes d'arrêt.

## avantagesavantagesavantagesavantage

### la nécessité de la route du nord

De toutes les variantes étudiées au fil des années, c'est celle au coût budgétaire le plus élevé qui a été retenue, ce qui démontre la volonté politique du gouvernement, de minimiser l'impact négatif de la nouvelle route sur l'environnement naturel et humain.

Aujourd'hui, on peut affirmer que la route du Nord s'avère nécessaire et ceci d'une manière unanime et incontestée. Citons-en les avantages:

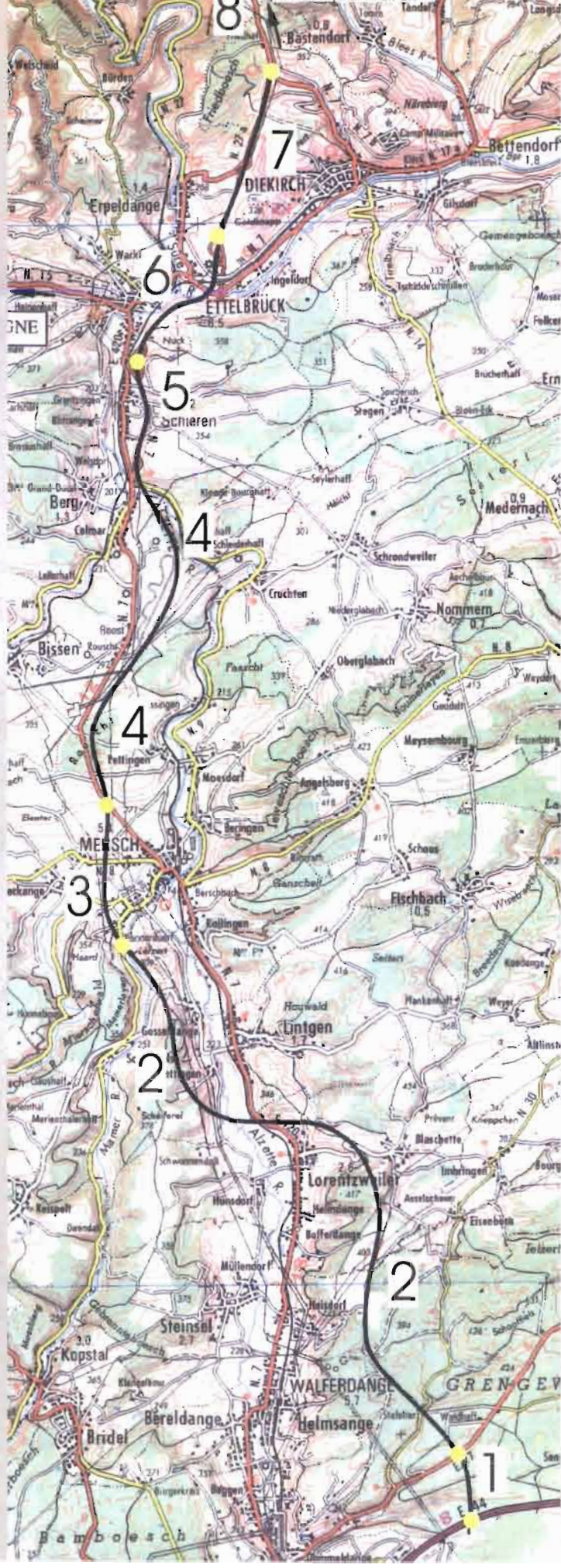
- l'amélioration de l'accessibilité vers le Nord du Grand-Duché de Luxembourg
- l'amélioration des conditions de trafic (on n'a plus besoin de traverser le centre de la capitale pour accéder au Nord du pays)
- l'amélioration des conditions de vie dans la zone urbaine Nord (Mersch, Colmar-Berg, Schieren, Ettelbruck et Erpeldange) et dans la vallée de l'Alzette (Beggen, Bereldange, Walferdange, Heisdorf, Steinsel, Bofferdange, Helmdange, Hünsdorf, Lorentzweiler et Lintgen)
- le développement de l'activité économique et sociale de la région du Nord (soutien du centre de développement d'ordre moyen "Ettelbruck-Diekirch", du pôle d'emplois "Bissen-Colmar-Berg", du parc national de "l'Our", de la région de "l'Uewersauer" et du tourisme d'une manière générale).
- la création d'emplois dans la région Nord et la diminution du chômage dans la grande région "Sar-Lor-Lux"
- la diminution de la durée de déplacement Nord-Sud (il s'agit d'une voie express, respectivement d'une autoroute, avec 2 fois 2 voies autorisant une vitesse de 120 km/h sur route et de 100 km/h dans les tunnels)

route du nord

généralités généralités généralités généralités gé



- description
- rétablissements des communications
- description des tunnels
- géologie
- hydrologie
- planning des travaux



Ce projet de grande voirie s'inscrit dans le cadre du projet de la route du Nord, qui est considéré comme la route européenne E420 reliant Aachen, Eupen et Luxembourg. Outre cette fonction internationale, elle doit relier la ville de Luxembourg à l'Oesling. L'ensemble du projet routier de la route du Nord a été scindé en plusieurs tronçons:

- 1 - le tronçon autoroute de Trèves - route d'Echternach
- 2 - le tronçon route d'Echternach - contournement de Mersch
- 3 - le contournement de Mersch.
- 4 - le tronçon Mersch - Colmar-Berg
- 5 - le contournement de Schieren
- 6 - le contournement d'Ettelbrück
- 7 - le tronçon Ettelbrück - Fridhaff
- 8 - la RN7 Diekirch - Wemperhardt

Les 6 derniers tronçons ont déjà été réalisés.

## description du projet

### tracé en plan

La route du Nord prend origine au boulevard de contournement à la hauteur du Kirchberg et se dirige vers la route d'Echternach (E27) en passant par deux viaducs sur les vallées de Glaasbuurgronn et Grousheck. La longueur totale entre l'autoroute A1 et le contournement de Mersch, au lieu dit 'Kannerduerf', est de 14,9 km.

Un échangeur complet est prévu au niveau de la route d'Echternach (E27). A partir de là, la route part en direction de "Stafelter".

Après 400 m, le tracé passe en tunnel (1850 m) sous le "Goussenleselsknapp", pour sortir au Nord-Ouest au lieu-dit "Stafelter", au droit du CR 126. Ceci constitue une première mesure permettant de réduire l'impact sur la forêt.

A la sortie du tunnel, le tracé toujours axé sur le CR 126, se poursuit en tranchée afin de regagner le niveau du terrain naturel.

Ensuite, le tracé suit les axes du CR 125 et du CR 124. Ceci impose l'usage exceptionnel d'un rayon horizontal de 800 m au lieu-dit "Hansekreis", respectant au mieux les tracés existants.

Le projet quitte le CR 124, au lieu-dit "Kollen" pour suivre le tracé de la voie romaine.

Tout au long du tronçon sensible "Stafelter-Asselscheuer" le projet est réalisé, soit en déblai, soit au niveau du terrain naturel, tout en évitant des remblais importants afin de réduire le plus possible l'impact visuel et acoustique.

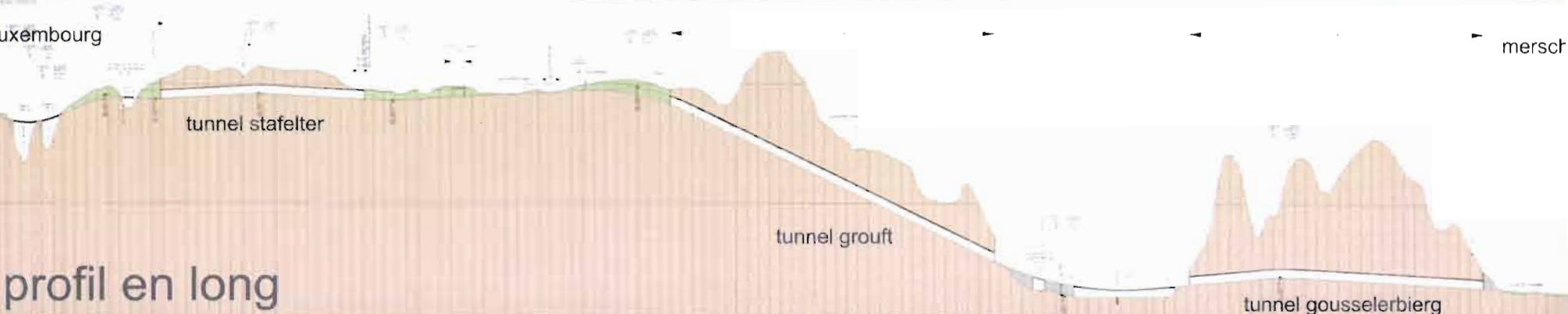
Le projet passe en tunnel (2950 m de long) entre Asselscheuer et Klingelscheierhaff et revient en surface au Nord de Lorentzweiler près du lieu-dit "Kleck".

A la sortie du tunnel, un échangeur complet relie le projet à la RN7.

La vallée de l'Alzette est franchie par un viaduc avant d'entrer dans un troisième tunnel de 2695 m sous le "Gousselerbiert" sur le flanc Ouest de la vallée.

A la sortie du tunnel, le projet passe dans la vallée de la Mamer en suivant le flanc de la colline du "Letzert".

La route se raccorde finalement au contournement de Mersch, au lieu-dit "Rendelbiert" à la hauteur du "Kannerduert". Ici, un échangeur est aménagé avec le CR 102.



## Profil en long / remblai - déblai

Les caractéristiques géométriques du profil en long correspondent à une vitesse de référence de 120 km/h sur la section courante et de 100 km/h dans le tunnel et sur le viaduc.

La déclivité maximale est de 4,5 % sur une longueur d'environ 2950 m (PK ± 6300 au PK ± 9250, tunnel de "Grouft").

Le tableau suivant résume les mètres linéaires passés en section courante, en tunnel, en viaduc et à niveau du terrain existant.

## giratoire n7 ( lorentzweiler )

Le giratoire est conçu dans le souci d'éviter le déblai au pied du versant "Kummersbiert".

Dans ce but, l'axe du projet n'est plus mené à flanc de coteau, mais passe au Sud de l'entreprise Dostert.

Comme le projet se rapproche de l'agglomération, l'échangeur présente une configuration plus élancée et compacte.

Un giratoire est aménagé à l'intersection de l'axe du projet et de la RN7 redressée. Il relie les quatre bretelles, ainsi que les deux branches de la RN7.



### rétablissement des communications / desserte

Après l'échangeur avec la route d'Echternach (RN11), le projet est mené en tunnel (1850 m de long) et passe ainsi en dessous de la RN30 et du CR126, qui se croisent au "Stafelter".

Ensuite le projet emprunte les tracés existants des CR126, CR125 et CR124 et coupe ainsi les liaisons Waldhaff - Walferdange, Waldhaff - Blaschette (Eisenborn) et Heisdorf - Blaschette (Eisenborn).



Le projet coupe l'accès Sud aux communes de Blaschette, Eisenborn et Imbringen, en venant du lieu-dit "Stafelter" via le CR125.

Cependant le flux du trafic correspondant peut toujours emprunter le RN30, partant également du Stafelter.

La conservation de la liaison des communes précitées à la vallée de l'Alzette, via la commune de Heisdorf, impose le rétablissement du CR124 sur 650 m au lieu-dit "Hae-schtreferbiert". La liaison à la vallée de l'Alzette est toujours assurée par le CR122, via la commune de Lorentzweiler.

L'accès Est de la commune de Walferdange par le CR125 est assuré par le rétablissement du CR126 (entre le "Stafelter" et sa connexion avec le CR125).

Au lieu-dit "Schanz", la route passe en tunnel, évitant ainsi la coupure de routes. Dans la vallée de l'Alzette, la RN7, le chemin de fer et le CR123 sont traversés moyennant viaduc.

Un nouveau passage en tunnel permet par après d'éviter les routes à l'Est et au Nord de Prettingen et Gosseldange.

En arrivant au "Kannerduerf" au Sud de Mersch, la route dispose d'un échangeur avec le CR102.

Outre les CR, le projet coupe quelques chemins forestiers et agricoles, ainsi que des parcours autopédestres.



### ouvrages d'art ( tunnels, viaducs )

Le projet route d'Echternach - contournement de Mersch comporte deux viaducs et trois tunnels:

Type	PK début	PK fin	Longueur (m)	Pente (%)
Viaduc Glaasbuurgronn	562	773	211	0,7
Viaduc Groussheck	833,5	1018	184,5	2,7
Viaduc Ech. Waldhaff	1320	1420	100	1,4
Tunnel Stafelter	1640	2590	1850	0,7
Tunnel Grouft	6300	9250	2950	4,5
Viaduc Lorentzweiler	9960	10890	895	0,8
Tunnel Gousselerbiert	11030	13725	2695	0,8

La longueur totale des ouvrages représente 8920,5 m sur les 14700 m du tronçon Route d'Echternach - Contournement de Mersch, soit 61 % du tracé.

## description générale des tunnels

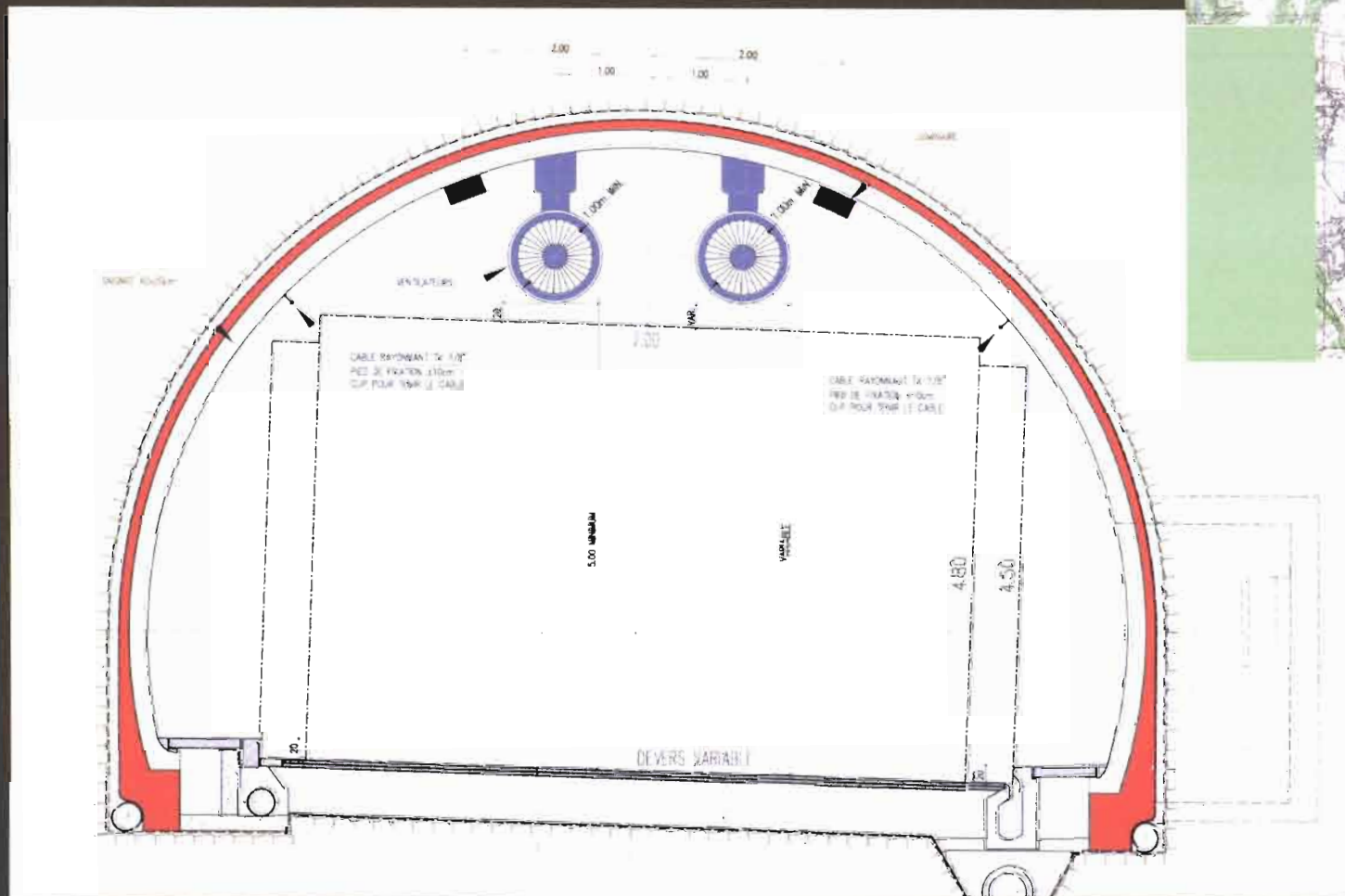
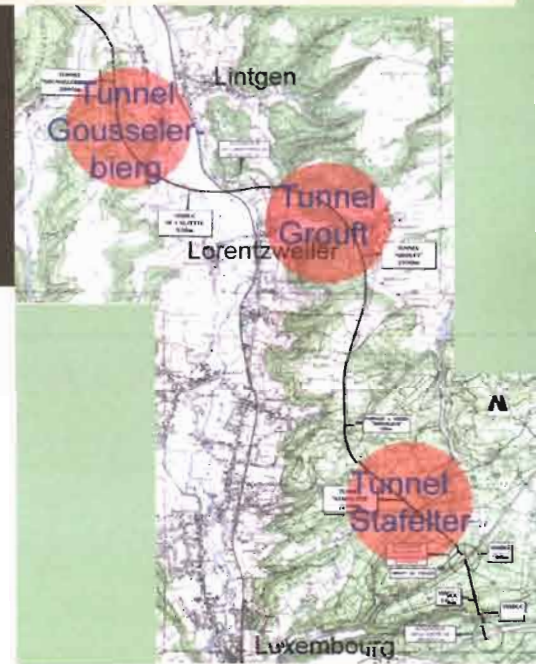
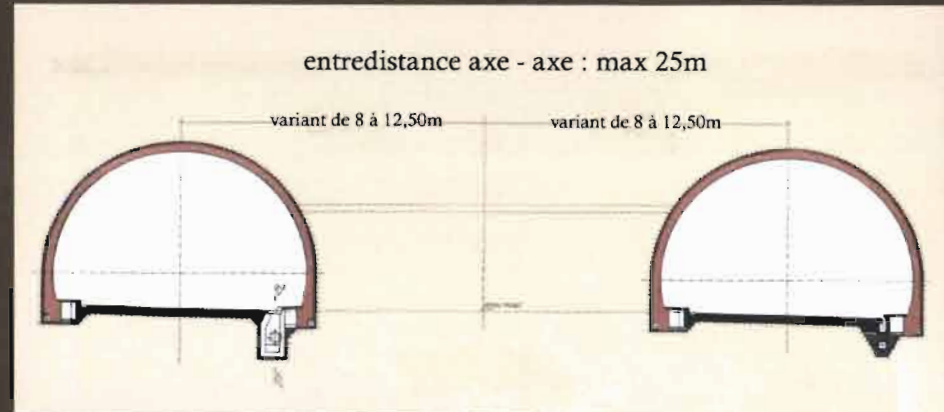
### tunnels stafelter et gousselerbierg

Les tunnels Stafelter et Gousselerbierg sont composés de deux tubes pratiquement parallèles, l'un d'une longueur de 1850 m et l'autre d'une longueur de 2695 m en souterrain.

Des galeries transversales, tous les 300 m environ, relient les deux tubes, certaines sont spécialement conçues pour permettre le passage aux véhicules de secours et de service. En outre, des niches de secours sont prévues tous les 100 m environ.

A part les locaux techniques situés au droit des portails, les tunnels ne disposent d'aucun ouvrage souterrain spécial, exceptés le bassin de rétention des eaux d'infiltration et de nettoyage et le séparateur d'hydrocarbures près des portails.

Le profil type est celui d'un profil en fer à cheval avec une surface nette de 57 m<sup>2</sup> en section courante, alors que la section d'excavation théorique est de 73 à 76 m<sup>2</sup>.

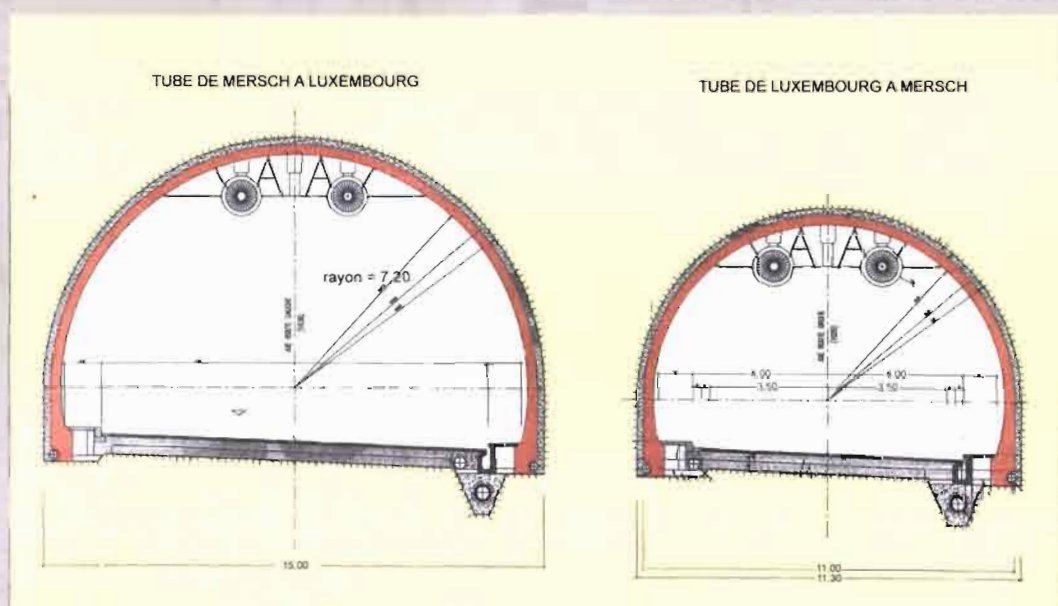


## description générale des tunnels

### tunnel grouff

Le tunnel présente une longueur de 2950 m et une pente moyenne de 4,5 % avec des rayons de raccordement vertical aux portails. L'échangeur Lorentzweiler est placé à 400 m du portail Nord. Les bretelles d'entrée et de sortie accusent une pente de 6 %. Le pourcentage du trafic lourd est évalué à environ 10 - 15 % du trafic total.

Dans ces conditions, des difficultés de fluidité de trafic pourraient surgir. En effet, dans certaines situations (heures de pointe, ralentissement causé par le trafic lourd,...) la sécurité de l'ouvrage ne peut plus être entièrement garantie. Un point critique se présente au nord, lorsque un véhicule accède dans le tunnel (le long d'une bretelle): un poids lourd roulera forcément très lentement sur la rampe à 6 %.



Pour cette raison, la 3ème voie pour le tube montant (Mersch - Luxembourg) a été réalisée.

Le tube montant avec 3 voies augmente de 50 % la surface de chaussée utilisable. La densité moyenne de véhicules et les risques d'accidents sont diminués d'un tiers. L'effet positif des profils de tunnel amples sur le bien-être et le comportement des utilisateurs n'est plus à démontrer.

En outre, en cas d'accidents ou d'incidents majeurs, un espace de trafic large et haut constitue un net avantage: l'accès des équipes de secours est bien plus facile et plus rapide.

En ce qui concerne l'effet et la dispersion des fumées, le profil à 3 voies est avantageux:

- il permet une meilleure dispersion des fumées (comme d'ailleurs aussi des agents polluants en général)
- il offre des espaces en calotte plus amples, permettant d'évacuer les fumées vers le portail de sortie, avec moins de danger et de nuisances pour les personnes au niveau de la chaussée.

L'influence du profil à 3 voies sur l'installation de ventilation est négligeable: d'une part il faut moins de puissance de ventilation lors de l'exploitation normale à cause d'une meilleure dilution des agents toxiques, d'autre part, il faut probablement quelques ventilateurs en plus pour atteindre la vitesse d'air requise lors d'un incendie dans le tunnel.

Les mesures de sécurité supplémentaires suivent le même schéma, que celles prévues pour les tunnels Stafelter, resp. Gousselerbiérg.

Le profil type est celui d'un profil en fer à cheval avec une surface nette de 57 m<sup>2</sup> en gestion courante, alors que la section d'excavation théorique est de 73 à 76 m<sup>2</sup> pour le tube descendant Luxembourg - Mersch.

Le profil type pour le tube montant Mersch - Luxembourg est celui d'un fer à cheval avec une surface nette de 78 m<sup>2</sup> en section courante, alors que la section d'excavation théorique est de 120 à 125 m<sup>2</sup>.

# géologie

## description

Dans le présent paragraphe le tracé de la route du Nord est divisé en cinq tronçons, se distinguant par leurs caractéristiques géologiques et hydrologiques.

### tronçon kirchberg - asselscheuer

Entre le Kirchberg et Asselscheuer, le projet rencontre uniquement le Grès de Luxembourg (li2). Dans la région considérée, cette formation présente une épaisseur maximale variant entre 70 et 90 m. Le Grès de Luxembourg est constitué par une alternance de grès et de grès à ciment calcaire. En surface le ciment calcaire est dissout et la roche est dégradée en sable.

Le grès présente une disposition faiblement ondulée et recoupée par un réseau de failles à rejet variable.

Le Grès de Luxembourg constitue un aquifère à nappe libre d'une hauteur saturée variable. La base imperméable de l'aquifère du grès est formée par la formation sous-jacente des couches à Psiloceras planorbis (li1).

Le Grès de Luxembourg est perméable par fissuration et par porosité. La porosité efficace de la roche gréseuse est de 5 % environ, alors que le volume disponible par fissuration est parfois plus important.

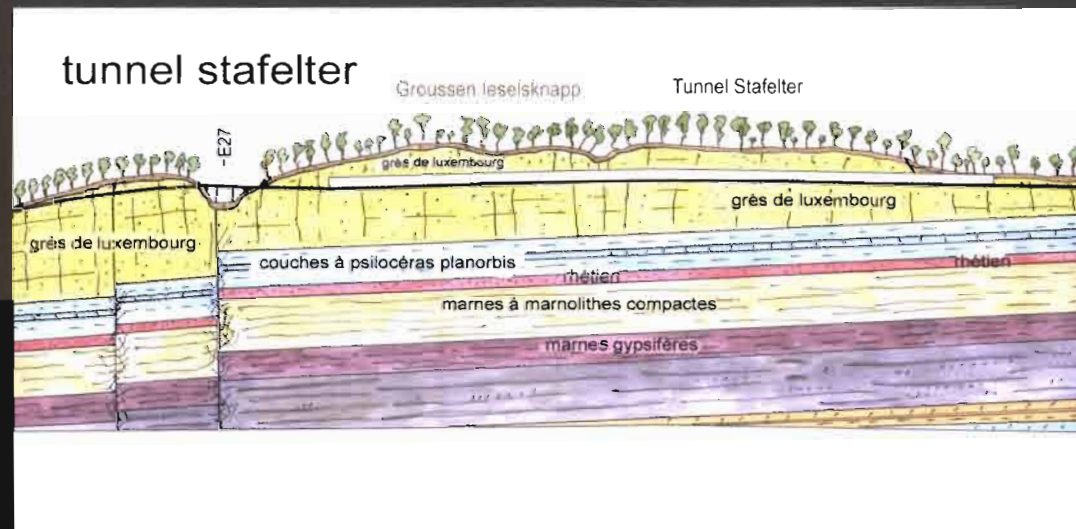
Le substratum rocheux est recouvert par un manteau d'altération d'épaisseur variable. Sur le plateau gréseux, le manteau d'altération est de nature sableuse et constitue un filtre important.

L'aquifère alimente les sources captées pour l'alimentation en eau potable des agglomérations de la Vallée de l'Alzette. (cf. Inventaire des sources).

Sur le tronçon considéré, la section courante est surtout menée en tranchée. Or, vu la distance (verticale) à la nappe aquifère.

La pente des talus en déblai varie en fonction de l'altération du grès. Alors que les zones altérées des éboulis des pentes nécessitent une pente de  $\pm 2,75/1$ , le grès dur du li2 permet de réduire la pente à  $\pm 0,4/1$  (cf. Autoroute de Trèves - Rapport géotechnique général, juin 1977).

Le tunnel du Stafelter est entièrement creusé dans le Grès de Luxembourg. Sa couverture maximale est de 18 m. Au droit de la dépression topographique du Stafelter, au croisement des routes RN30 et CR126, l'exécution du tunnel impose des précautions particulières évitant de perturber les structures existantes. En effet, la calotte de l'ouvrage souterrain touche localement la couche altérée du Grès de Luxembourg.





## géologie

### tunnel "grouff"

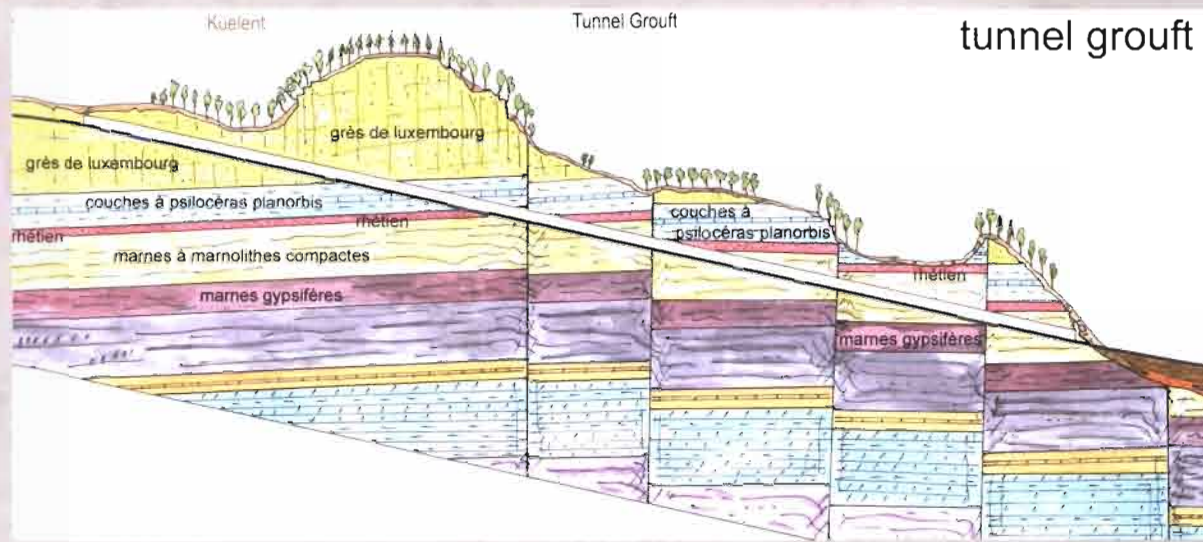
Alors que l'extrémité du tunnel "Grouff", côté Asselscheuer, se situe dans le Grès de Luxembourg, l'ouvrage souterrain traverse sur les deux derniers kilomètres les couches à Psil. pl. (li1), ainsi que du Keuper supérieur (ko) et moyen (km3).

Les argilites rouges (ko2) du Rhétien sont très sensibles au contact de l'eau et devront faire l'objet d'études géotechniques particulières.

Au Nord de Lorentzweiler, le tunnel traverse une faille de direction SO-NE. Cette faille présente un rejet d'environ 15 m et fait descendre le compartiment NO par rapport au compartiment SE.

### traversée de la vallée de l'alzette

A la sortie du tunnel "Grouff", côté Lorentzweiler, la formation du Rhétien affleure au lieu-dit "Kummersberg" à une altitude de 250 - 270 m. Les études géologiques et géotechniques devront analyser la stabilité du versant en fonction de la conception de l'échangeur projeté. L'ouvrage de franchissement de la vallée traverse les alluvions très sensibles de l'Alzette.

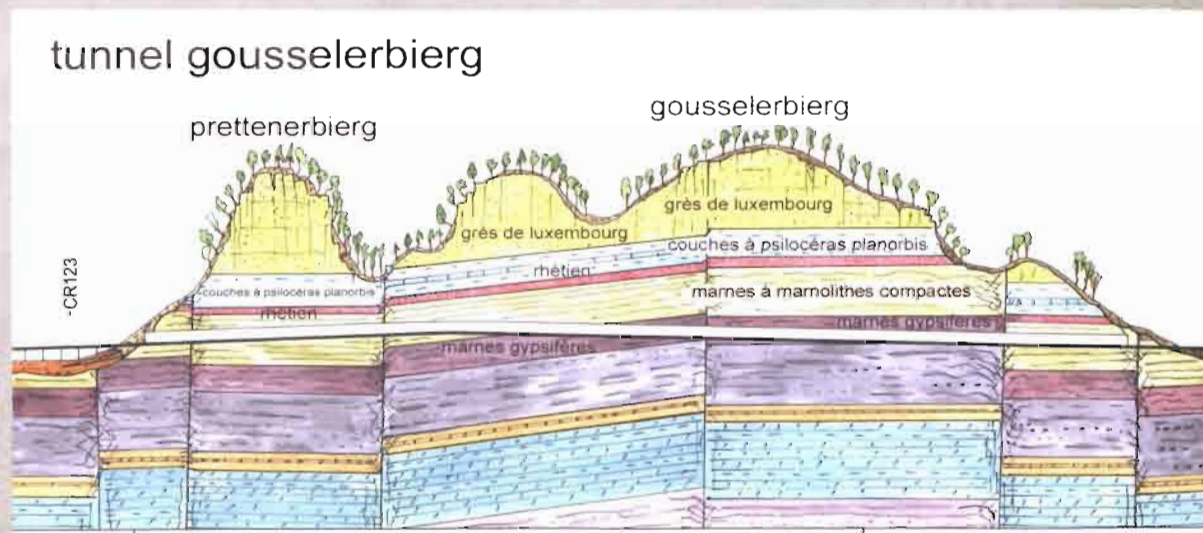


### tunnel du "gousselerbiérg"

Le tunnel du "Gousselerbiérg" sera foré dans les formations du Keuper moyen (km2 et km3). Le profil en long a été choisi de cette sorte pour des raisons d'évacuation des eaux.

L'ouvrage souterrain se situe en dessous de l'horizon imperméable de l'aquifère qui alimente les sources de Prettingen et de Gosseldange.

Les deux extrémités du tunnel traversent des zones affectées par des failles.



### tronçon "gousselerbiérg" - mersch

Le flanc Est de la vallée de la Mamer est couvert d'anciens éboulements, d'où une stabilité précaire de ces versants, qui contiennent la formation sensible du Rhétien et qui sont traversés de failles.

# hydrologie

## influence du projet sur les sources

Le tracé de la Route du Nord (tronçon route d'Echternach - contournement de Mersch) est susceptible d'affecter les sources captées des communes de Luxembourg, Walferdange, Steinsel, Lorentzweiler, Lintgen et Mersch.

Le projet traverse des zones de protection II et III des sources, tout en prévoyant des mesures compensatoires, qui sont décrites dans le présent chapitre.

Par zone de protection II, on entend "la zone qui s'étend depuis la limite de la zone de protection I jusqu'à une distance correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine entre son infiltration en surface et son arrivée au captage d'environ 50 jours avec un minimum de 500 m."

La zone de protection III est "la zone qui s'étend sur le reste de l'aire d'alimentation du captage".

Le projet n'entre pas en conflit avec des zones de protection I "délimitées par une ligne distante d'au moins 10 m des limites extrêmes des installations de captage de l'eau" (Source: avant-projet de règlement grand-ducal déterminant les charges et servitudes générales applicables dans les zones de protection des eaux souterraines captées pour l'alimentation en eau potable, 24 avril 1995).

Les plans des zones de protection des sources II et III, réglementées ou en voie de réglementation, ont été repris des dossiers établis par les communes concernées.

### en section courante

Le projet traverse en section courante des zones de protection II et III.

Sur ces tronçons, le projet est étanchéifié suivant les directives RiStWag (Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten, 1982). Ainsi, le fond de forme du projet est rendu étanche au moyen d'un lit formé d'un sol cohérent d'une épaisseur de 60 cm et d'une membrane étanche.

Toutes les eaux de pluie générées par le projet sont traitées et évacuées hors des zones de protection par des fossés étanchifiés resp. des conduites étanches.

Ces mesures constructives visent surtout à éviter les pollutions accidentelles; néanmoins en étanchéifiant la route, le débit des sources concernées est théoriquement réduit d'un facteur égal au rapport de la surface du projet à la surface totale de la

zone d'infiltration.

### en viaduc

Le viaduc franchissant la Route d'Echternach (échangeur Waldhaff), ainsi que les viaducs Glaasbuurgronn et Groussheck) se trouvent dans la zone de protection III des sources du Glaasbuurgronn.

Afin d'éviter la chute d'un véhicule accidenté, la RiStWag impose l'installation de garde-corps renforcés.



## hydrologie

Les eaux de précipitation sont collectées et évacuées par des conduites étanches à l'instar des eaux générées en section courante.

En zone de protection III, la RiStWag ne prévoit pas la réalisation d'un lit étanche en dessous d'un ouvrage de franchissement.

De nouveau, le projet empêche l'infiltration des eaux polluées, mais réduit partiellement le débit de l'aquifère.

### en tunnel

C'est principalement le niveau des ouvrages souterrains par rapport au niveau de la nappe d'eau souterraine qui conditionne l'impact d'un tunnel.

### tunnel du stafelter

Le tunnel du Stafelter se situe dans le Grès de Luxembourg à 30-40 m au dessus de la nappe d'eau souterraine. Ainsi le comportement global de l'aquifère n'est pas affecté par l'ouvrage. Le profil en long du projet ne présente pas de point bas le long du tunnel du Stafelter. Ainsi la bonne évacuation de tout liquide polluant est assurée.

### tunnel "grouff"

L'extrémité du tunnel "Grouff" côté Asselscheuer se situe dans le Grès de Luxembourg, alors que l'extrémité côté Lorentzweiler fait surface dans le Keuper moyen. L'ouvrage souterrain, qui a une pente de 4,5 %, traverse donc l'aquifère et perce l'horizon imperméable qui constitue sa base.

Ainsi, la présence du tunnel pourra éventuellement affecter la source "Rue Colbert", actuellement non captée, la source "Grouff", ainsi que les sources "Op der Schanz" et "Treilent". Ces sources sont suivies de près afin de détecter toute influence éventuelle.

### tunnel "gousselerbiert"

Le tunnel "Gousselerbiert" est creusé dans le Keuper supérieur et moyen à une distance variant entre 20 et 60 m en-dessous de l'aquifère du Grès de Luxembourg. Ainsi l'ouvrage ne draine pas l'aquifère, de même qu'il ne pollue pas les points de captage.

### traitement et évacuation des eaux de précipitation

Afin de limiter les risques de pollution, il est prévu qu'en aucun cas, les eaux générées par les surfaces du projet ne s'infiltreront directement dans le sous-sol. A cet effet, les eaux sont collectées et évacuées, soit par des conduites étanches, soit par des fossés étanches jusqu'au cours d'eau récepteur à l'extérieur des zones de protection. Les eaux passent par un bassin de rétention avec déshuileur et paroi siphonide avant de rejoindre le cours d'eau récepteur.

Les bassins de rétention sont aménagés aux points bas du projet et, dans la mesure du possible, en dehors des zones inondables.



mise en service  
13.09.02



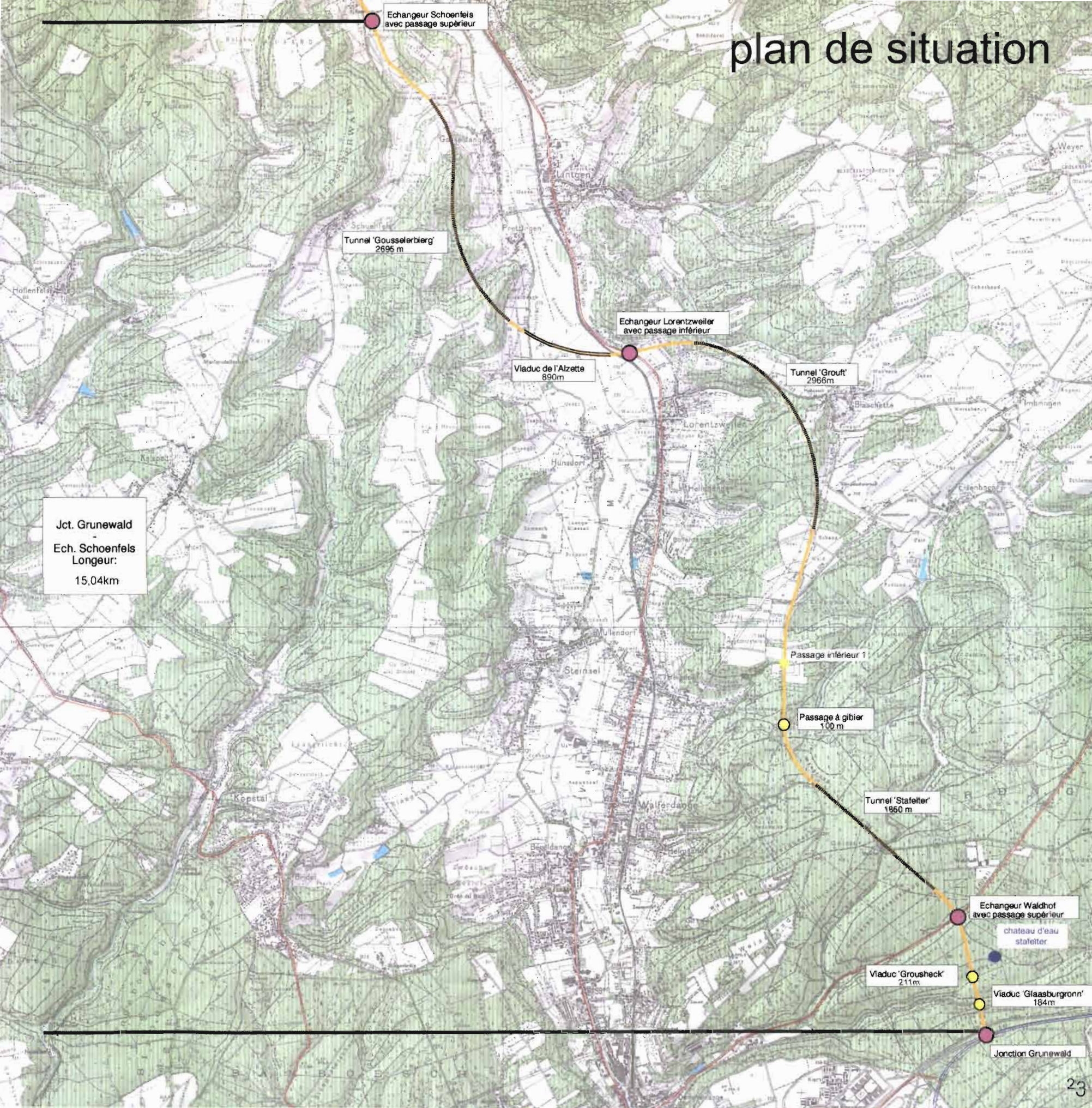


route du nord

15,04km

de mersch à  
luxembourg-kirchberg

# plan de situation



Echangeur Schoenfels avec passage supérieur

Tunnel 'Gousselerberg' 2695 m

Echangeur Lorentzweiler avec passage inférieur

Viaduc de l'Alzette 890m

Tunnel 'Grouff' 2966m

Jct. Grunewald  
Ech. Schoenfels  
Longeur:  
15,04km

Passage inférieur 1

Passage à gibier 100 m

Tunnel 'Stafelter' 1860 m

Echangeur Waldhof avec passage supérieur

chateau d'eau stafelter

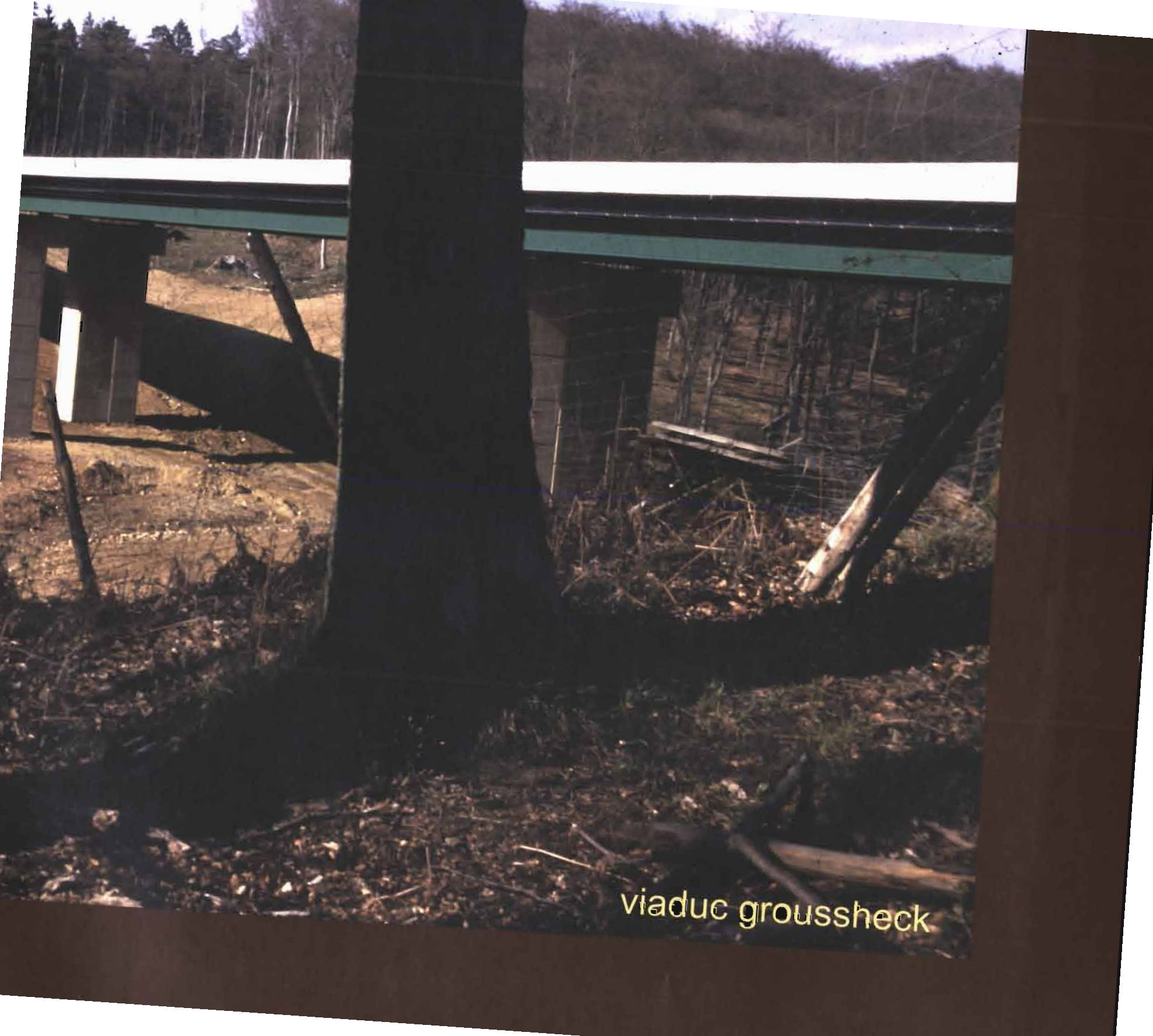
Viaduc 'Grousheck' 211m

Viaduc 'Glaasburggronn' 184m

Jonction Grunewald







viaduc grousheck

les ouvrages les lots

# les ouvrages

## les lots

- tunnel gousselerbierng
- viaduc de lorentzweiler
- échangeur de lorentzweiler
- tunnel grouft
- lot de terrassement heschtreferbierng
- passage à gibier rengelbour
- château d'eau stafelter
- échangeur waldhaff
- viaducs glaasbuurgronn et groussheck
- jonction grünewald

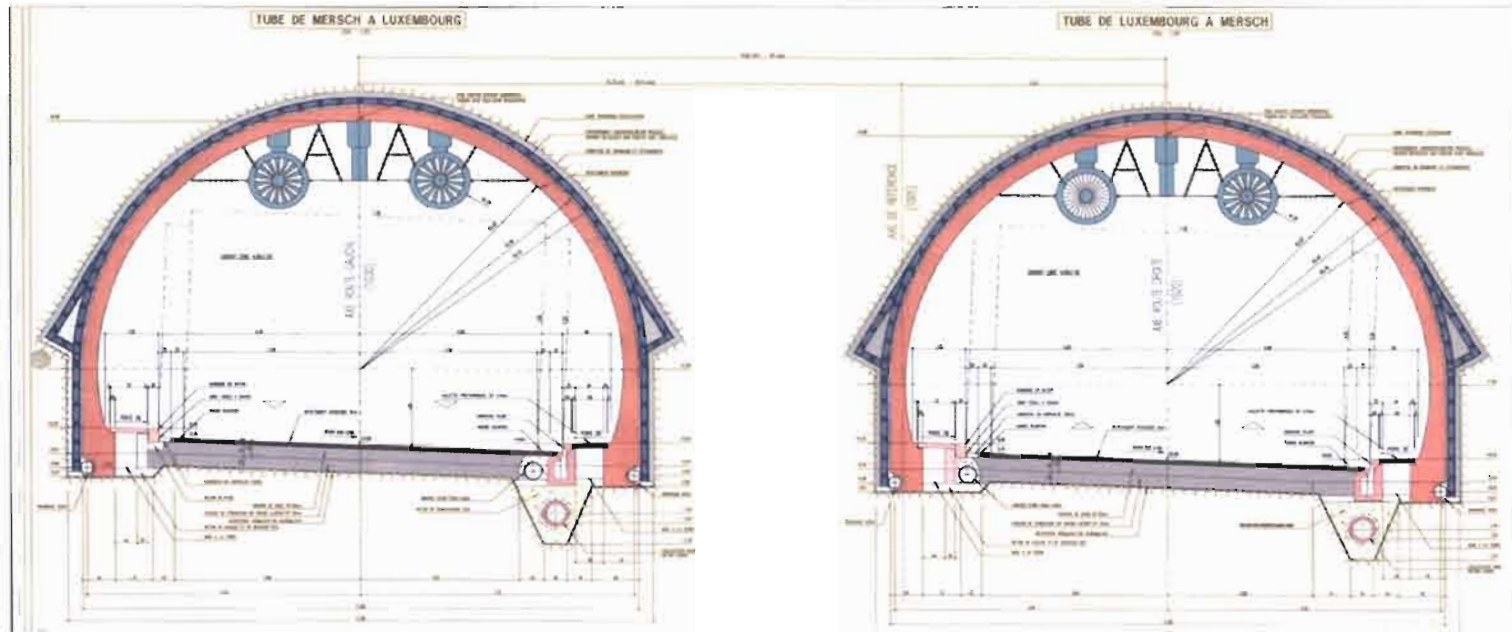
# gousselerbiere



- plan de situation
- description de l'ouvrage
- géologie
- classes d'excavation
- phasage des travaux
- équipements techniques



# les ouvrages tunnel gousselerbiert



Le "Tunnel Gousselerbiert" est composé de deux tubes pratiquement parallèles dont chacun a une longueur de 2695 m en souterrain (PK 11030 au PK 13725).

Il relie la "Vallée de l'Alzette" au sud à la "Vallée de la Mamer" au nord.

En élévation, le tunnel monte avec une pente maximale de 0,5 resp. 0,75% à partir des deux portails, le point haut se situant au PK 11917. En "Vallée de la Mamer", l'entrée en galerie des deux tubes se fait sur deux niveaux différents.

En plan, le tunnel décrit une double courbe de rayons principaux  $r = 1650$  m, resp.  $r = 1000$  m qui s'aligne au tracé à ciel ouvert vers Luxembourg au sud et vers Mersch au nord.

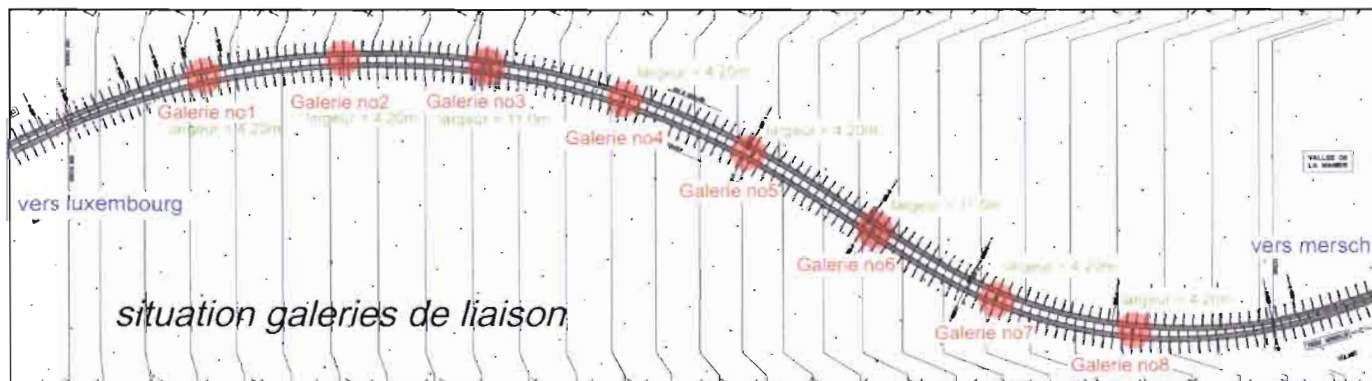
Le dévers max. est de 3,75 % dans les deux tubes.

A l'endroit des portails, l'entredistance axe-axe des deux tubes varie d'un minimum de 16 m pour atteindre 25 m en section courante, l'écartement se faisant en éventail sur environ 300 m.

La couverture en rocher sur le tunnel est variable, entre un minimum de 3 à 4 m dans les zones des fronts d'attaque et un maximum de quelque 115 m.

Pratiquement sur toute sa longueur, le tunnel passe sous des forêts et des champs. Exception faite de la localité de Gosseldange, il n'y a pas d'immeubles ou d'habitations dans sa zone d'influence directe.

Huit galeries transversales relient les deux tubes, celles aux PK 11930 et 12825 étant spécialement conçues pour un passage facile aux véhicules de secours et de service. Ces galeries sont combinées avec des locaux techniques abritant des installations électro-mécaniques.



plan de situation avec installations de chantier et décharges

## Caractéristiques et volumes principaux du tunnel :

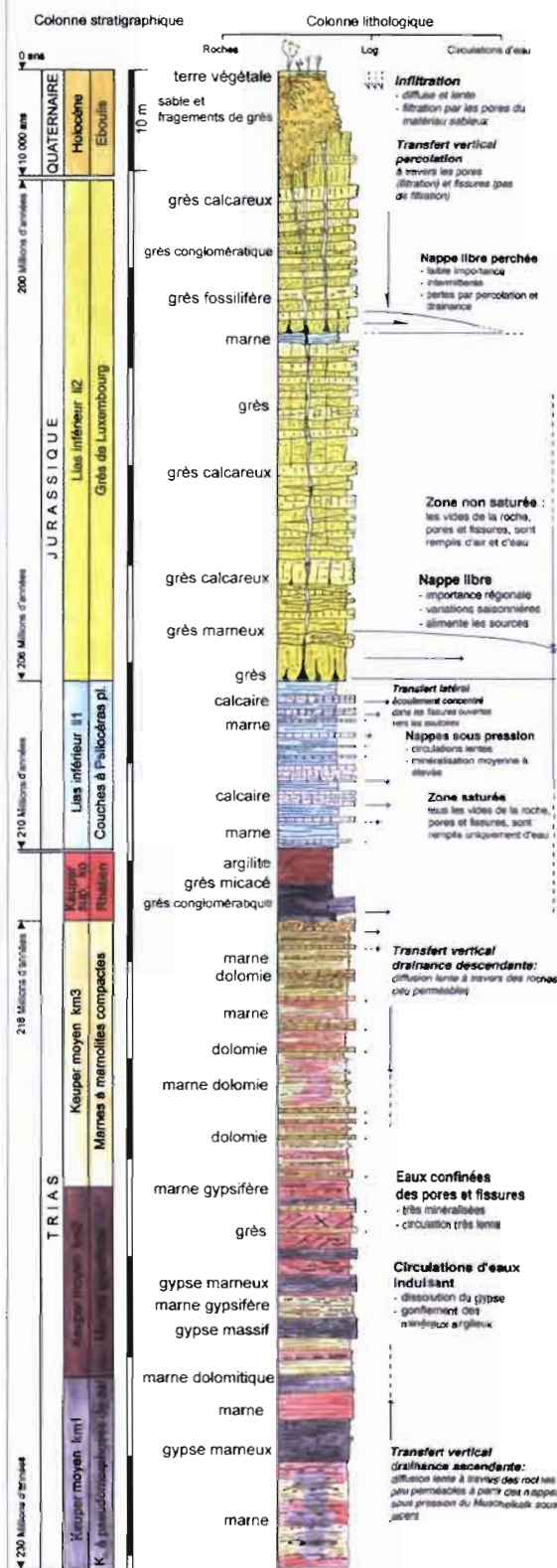
- Longueur d'excavation:	2 x	2.695 m
- Largeur de la chaussée:		7 m
- Largeur utile des tunnels:		10 m
- Pente longitudinale:		max. 0,75 %
- Profil-type d'excavation:		72,39 à 76,15 m <sup>2</sup> en section courante
- Volume total d'excavation: (non foisonné et sans hors-profils)		420.000 m <sup>3</sup>
- Volume du béton de revêtement: (avec béton des hors-profils estimés)		59.000 m <sup>3</sup>
- Volume du béton projeté de l'anneau extérieur (soutènement): (avec béton d'égalisation estimé)		32.000 m <sup>3</sup>
- Etanchéité des tunnels:	:	122.000 m <sup>2</sup>

La section d'excavation théorique en section courante varie, selon les classes respectives, de 72,39 m<sup>2</sup> à 76,16 m<sup>2</sup>.



installation de chantier entrée nord

### profil géologique



Le massif du «Gousseleberg» est constitué sur le plateau et dans sa partie supérieure par la formation gréseuse du Lias inférieur (Grès de Luxembourg, li2 de la carte géologique). Dans sa partie inférieure il est formé par les roches du Keuper moyen (km3 et km2). Entre le Grès liasique et le Keuper s'observent les unités des couches à Psil. planorbis (li1), épaisses d'une quinzaine de mètres, et les argilites et grès du Rhétien (ko), épais de quelques mètres. Le Grès de Luxembourg présente une épaisseur d'environ 80 mètres, il est perméable à l'eau et renferme une nappe d'eau importante qui alimente de nombreuses sources émergeant à sa base peu perméable, formée par les premiers niveaux marneux du li1. Les eaux peuvent percoler de manière diffuse dans la couverture meuble du versant et s'infiltrer localement dans des diaclases ou zones de failles.

Le tracé du tunnel est d'orientation générale nord-sud et recoupe les formations essentiellement marneuses du Keuper. La disposition des couches est sub-horizontale ou à faible pendage, généralement inférieur à 5 degrés. Quelques failles de faible rejet et d'orientation est-ouest ou sud-ouest nord-est recoupent le massif en lui conférant une structure en "horst et graben". Les plans de failles sont redressés. Il est possible que certaines des cassures construites sur base de la reconnaissance géologique préliminaire correspondent à des zones de flexure, marquées par des pentes localement plus raides, ou à de légères ondulations.

Les couches traversées par le tunnel sont constituées dans leur partie supérieure par des marnes et marnes dolomitiques bariolées rouges et vertes et des intercalations de niveaux dolomitiques d'épaisseur décimétrique à métrique (Keuper à Marnolithes compactes, km3). Dans les marnes du Keuper, la fraction carbonatée est toujours dolomitique, la calcite ne s'observe que sous forme de cristallisations secondaires. L'épaisseur de cette unité marno-dolomitique est d'environ 30 mètres. Sous-jacente à cet ensemble, on observe la série des marnes gypsifères (km2). La limite de formation a été établie sur base lithologique par l'apparition des premiers niveaux ou d'amas gypsifères inclus dans la marne. Le gypse s'y présente soit sous forme finement disséminée, soit en bancs massifs formés de gypse et d'anhydrite, les plus épais ayant été exploités en carrière souterraine à quelques kilomètres au sud du site du tunnel. Localement, la roche marneuse est traversée par des filonets irréguliers de gypse fibreux secondaire. Il est possible que les proportions de gypse secondaire augmentent dans les zones de failles.

Des diaclases orthogonales, verticales et généralement colmatées recoupent le massif. Leur écartement est généralement plurimétrique à décimétrique, il est plus serré dans les versants en bordure du plateau. Un deuxième réseau de diaclases affecte les différents niveaux rocheux individuellement. L'intensité et les écartements de ces diaclases varient avec l'épaisseur des bancs et leur compétence. Les bancs durs dolomitiques sont caractérisés par des fractures pouvant être ouvertes en zone d'altération.



Dans les zones de failles, des fracturations secondaires s'observent : elles confèrent à ces zones des perméabilités variables qui, si les fractures ne sont pas colmatées par des minéralisations secondaires, peuvent être largement supérieures à celles rencontrées dans les zones non dérangées. On peut admettre que les zones de failles ont des extensions latérales de plusieurs mètres.

Les formations marneuses traversées sont, tout comme la couverture des argilites du Rhétien (ko) et les marnes du li1, peu perméables à l'eau et ne contiennent pas de nappe d'eau souterraine exploitable. Les bancs dolomitiques (ou les bancs calcaireux ou gréseux de la couverture) présentent une perméabilité qui est en fonction de leur degré de fracturation. Ils peuvent contenir de petites nappes d'eau, légèrement sous pression et donc être à l'origine de faibles venues d'eau. La perméabilité horizontale, selon les plans de stratification, est normalement supérieure à la perméabilité verticale, des diaclases importantes ou des zones de failles peuvent cependant être à l'origine de situations particulières. Les marnes sont sensibles à l'eau et leur altération est prononcée au contact direct avec les bancs et niveaux perméables.

Le tracé du tunnel est subdivisé en 3 secteurs dont les propriétés techniques sont schématisées ci-dessous :

- Secteur 1 : Zones d'entrée et de sortie du tunnel dans la vallée de la Mamer et de l'Alzette, formées de roches marneuses du Keuper, caractérisées par un degré d'altération variable, intense à proximité de la surface et diminuant progressivement vers l'intérieur du massif. L'extension de l'altération est influencée par les grandes diaclases verticales et par les circulations d'eau latérales (faibles) sur les bancs dolomitiques et gypsifères.
- Secteur 2 : Zone du Keuper marno-dolomitique, constituée stratigraphiquement par l'unité du Keuper à Marnolithes compactes (km3) et formée de marnes et marnes dolomitiques avec des intercalations de niveaux dolomitiques.
- Secteur 3 : Zone des marnes gypsifères (km2) caractérisée par la présence de gypere et d'anhydrite en bancs, amas ou filonets.

Un phénomène particulier auquel on doit s'attendre, du moins lors de la traversée des niveaux supérieurs des marnes gypsifères (Km2), est celui du gonflement, phénomène qui peut être des plus spectaculaires. Ainsi p.ex. le Kappelisbergtunnel à Baden-Württemberg, ouvrage creusé dans des formations géologiques similaires aux nôtres, a pris depuis sa mise en service en 1887 quelque 4,70 m de dénivelé. Au 'Tunnel Markusberg', sur l'autoroute de Sarre, on avait affaire, à l'interface Km2-Km3, à des soulèvements fort heureusement locaux - la zone concernée ne s'étendait en fait que sur une trentaine de mètres - atteignant les 100 cm. Les pressions de gonflement y dépassaient les 50 to/m<sup>2</sup>, ce qui représente une force à maîtriser correspondant à une colonne d'eau de 50 m de haut! Il est sûr que le phénomène est dû à la présence d'anhydrite (CaSO<sub>4</sub>) dans le massif. Il est sûr aussi qu'il est intimement lié à la circulation d'eau dans le massif (Ton- / Anhydritquellen).

Beaucoup d'aspects de ce type de gonflement, qu'il ne faut surtout pas confondre avec un gonflement de la seule phase argileuse d'un rocher (Tonquellen) ou qui est dû à la présence de pyrite (phénomène thermochimique), ne sont cependant pas connus et il existe toute une panoplie de théories divergentes, voire complètement contradictoires sur le sujet (cf. Prof. Kovari: 'Travaux souterrains dans des roches gonflantes', mars 2001, ETH Zürich-Office Fédéral des Routes). Ce qui revient à dire qu'il faut à chaque fois résoudre un problème spécifique se déroulant dans un environnement naturel particulier, nécessitant à chaque fois une démarche rigoureusement adaptée à la situation.

Contrairement à ce d'aucuns peuvent d'ailleurs penser, les dégâts liés à des gonflements sont de loin plus importants que ceux liés à des tassements, du moins sur une échelle mondiale. Il est cependant fort probable que le Grand-Duché n'échappe pas à cette statistique.

## classes d'excavation

### classes d'excavation

L'importance et le lieu de mise en place du soutènement sont seuls déterminants pour l'attribution des classes d'excavation.

On distingue les classes d'excavation (CE) suivantes:

- **CE I:**

Les travaux de soutènement ne provoquent qu'une perturbation insignifiante du rythme de l'excavation.

- **CE II:**

Les travaux de soutènement provoquent une légère perturbation du rythme de l'excavation.

- **CE III:**

Les travaux de soutènement provoquent une perturbation notable du rythme de l'excavation.

- **CE IV :**

Les travaux de soutènement provoquent une interruption du rythme de l'excavation (soutènement immédiat après chaque étape d'excavation).

- **CE V :**

Les travaux de soutènement interviennent en parallèle avec l'avancement. L'étaisage du front ou le soutènement à l'avancement est nécessaire.

Pour les élargissements locaux ou les niches, on adoptera les mêmes classes d'excavation que pour l'avancement principal. Cette règle s'applique pour des excavations supplémentaires réalisées à l'avancement ou ultérieurement.



# travaux préparatoires



phasage des travaux

## travaux préparatoires

Le "tunnel Gousselerbiérg" sera obligatoirement creusé à partir des deux portails de la "Vallée de l'Alzette" et de la "Vallée de la Mamer", en opérant sur quatre fronts ce qui nécessite deux différentes installations de chantiers à chaque extrémité du tunnel.

Avant les travaux de creusement propres, des travaux préparatoires devront être réalisés, tels que les chemins d'accès, des plateformes pour les bureaux et ateliers. Même si ces deux petits villages ne sont que provisoires, ils doivent toutefois garantir le bon déroulement des travaux, pendant 4 à 5 ans.

## Les installations de chantier

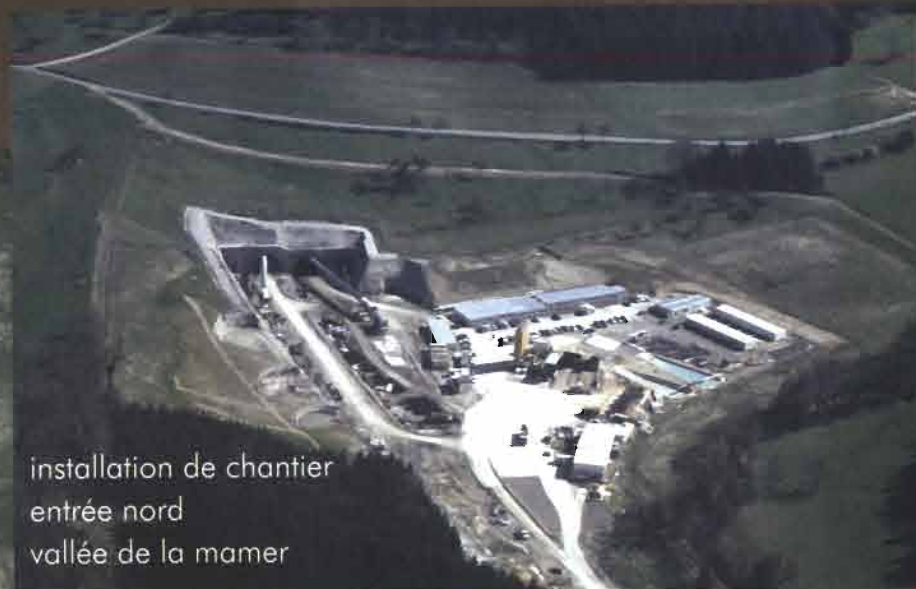
Etant donné que les activités de creusement et de soutènement provisoires du tunnel ne peuvent être interrompues à aucun moment pour des raisons de sécurité, le chantier travaille jour et nuit, sur trois postes, exceptés les week-end et les jours fériés.

De ce fait, les installations doivent impérativement assurer l'approvisionnement en continu des différents matériaux nécessaires, tels béton projeté, cintres etc...

Outre des bureaux, ces installations consistent principalement en des zones de stockages des matériaux de construction et des déblais. Elles comprennent également un magasin, des locaux pour les mineurs, un atelier de maintenance des engins, une centrale à béton et une centrale de traitement des eaux polluées.



installation de chantier  
entrée sud  
vallée de l'alzette



installation de chantier  
entrée nord  
vallée de la mamer

# travaux préparatoires

## tunnel gousselerbiERG



installation de chantier  
entrée nord  
vallée de la mamer



installations de chantier

chaque installation de chantier comprend:

- routes d'accès
- plateforme
- place d'atterrissage pour hélicoptère
- bureaux de la Direction des travaux
- bureaux de l'entreprise
- vestiaires et sanitaires
- locaux de séjour des ouvriers
- infirmerie
- pavillon d'information (vallée Alzette)
- centrale à béton
- parc des engins
- dépôts, hangars et ateliers
- bassins de rétention et de décantations
- équipement de nettoyage des roues
- décharge intermédiaire de dépôts
- poste de transformation de 20 kvolts / 380 volts / 800 kVa
- poste de transformation de 20 kvolts / 380volts / 630 kVa /400 kVa
- 2 compresseurs électriques fixes pour air comprimé, insonorisés, ainsi que 2 cuves à air comprimé de min. 5000 litres/unité

# tunnel gousselerbiere

Principe de ventilation et de dépoussiérage du tunnel.

Le but est d'assurer le meilleur confort aux mineurs: un ventilateur aspirateur à front afin d'évacuer l'ensemble des pollutions produites.

Le ventilateur est placé à front sur une charpente métallique, qui permet de l'avancer sans difficulté.

- pelle hydraulique
  - 180 à 200 cv
  - godet rocher 1 à 3 dents
  - brise roche BRV32
- robot hydraulique
  - pompe à béton électrique 15 à 20 m<sup>3</sup>/h
  - réservoir et pompe à adjuvant
  - bras articulé de projection
  - porteur à moteur thermique
- érecteur de cintres
  - pince de préhension
  - nacelle
  - chariot élévateur
- matériel de forage
  - bras universel rotation 360°
  - marteau rotoperçant à précision contrôlée
- chargeuse
  - puissance: 155 cv
  - capacité du godet: 2400 litres
- camions type chantier
  - capacité: ~16 m<sup>3</sup>
  - puissance 260 cv
- foreuse pour trous de 18 m sur porteur autonome
- nacelle élévatrice pour avancement et servitudes
- compresseur 15 m<sup>3</sup>/h

L'ensemble du matériel à moteur thermique entrant dans le souterrain sera équipé d'un système d'épuration des gaz d'échappement.



# excavation



phasage des travaux

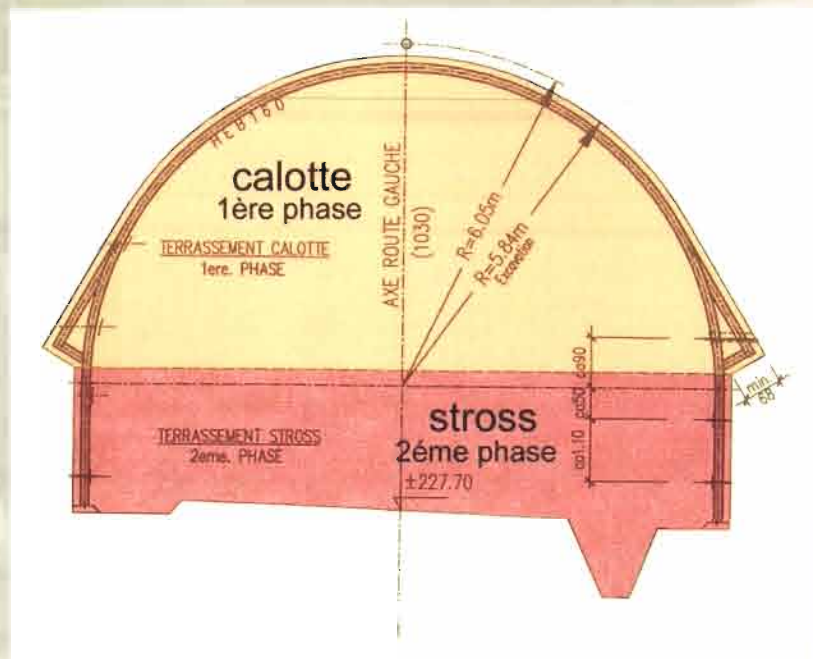


# Phase 2

## le creusement

# les ouvrages

## tunnel gousselerbiere



Le creusement d'un tunnel consiste en trois phases principales: l'abattage, le marinage et le confortement provisoire de la galerie et du front.

L'abattage du rocher au 'Tunnel Gousselerbiere' peut se faire en principe par des moyens mécaniques ou par minage.

Ce sont plutôt des critères économiques que techniques qui dictent la façon de procéder. En effet, normalement une excavation mécanique par pelles lourdes associées à des brise-roches hydrauliques est plus économique qu'une excavation au minage, pour autant que le cycle d'abattage ne devienne excessivement long, soit qu'il n'excède pas les 5 à 6 heures. Dès que ce seuil est atteint, un abattage par minage devient plus rentable et s'impose. Ceci s'explique plus particulièrement, en sachant que le chantier du 'Tunnel Gousselerbiere' emploie constamment plus de cent personnes, soit qu'une heure de travail 'non-productif' coûte cher, voire très cher. En outre, des cycles d'abattage excessivement longs et pénibles entraînent automatiquement des frais accrus d'usure, d'entretien et de réparation des machines.

### excavation par moyens mécaniques

Selon la cohésion et la résistance du terrain, le déroctage s'effectue soit avec une pelle mécanique munie d'une brise-roche hydraulique, soit par une excavatrice spéciale avec bras court renforcé et orientable, munie d'un godet spécial à trois dents.

Le volume maximal possible à excaver en une passe dépend de la nature de la roche. Il faut garantir une surface d'excavation stable par elle-même durant le temps nécessaire à la mise en oeuvre du soutènement provisoire.

Le produit de marinage est chargé par une chargeuse sur pneumatiques sur des camions.



# excavation par minage

## excavation par minage

Il n'y a guère de procédé dans le domaine du génie civil, ayant fait de tels progrès techniques au cours des dernières années, que le minage. En effet, le travail le plus onéreux, c'est-à-dire le forage des trous de mines - une volée en pleine section requiert le forage d'environ 116 trous d'un diamètre de 45 à 152 mm atteignant une profondeur jusqu'à concurrence de 4,00 m maximum - se fait de nos jours, et sur le chantier du 'Tunnel Gousselerberg' en particulier, au moyen de vrais robots mécanisés appelés 'jumbos de forage', qui réalisent plusieurs trous simultanément suivant un schéma préprogrammé. La vitesse de forage atteint les 3 mètres par minute. Ce qui constitue manifestement un progrès non-négligeable, en considérant que du temps de la construction du grand tunnel du 'St. Gothard', soit au début du siècle, les perforations se faisaient encore à la main.



Pour abattre une volée d'environ 4 m, il faut allumer quelque 300 kg d'explosif. Celui-ci se présente sous forme d'émulsion, encartouchée dans des étuis, contenant chacun 0,625 kg d'explosif et disposés à raison de 4 à 5 pièces dans chaque trou de mine. L'ensemble des cartouches équipées de détonateurs de haute intensité électrique est relié par un circuit. Le mode de mise en feu est du type séquentiel.

Sans ce système de mise en feu et avec la quantité d'explosif d'un seul abattage, soit environ 300 kg, on pourrait mettre en ruine les immeubles limitrophes au chantier.

En effet, les vibrations produites par les tirs de mine se propagent dans le sol et peuvent, lorsqu'elles sont trop intenses, excéder localement la résistance des structures et conduire à l'apparition de fissures.







## excavation par minage

Notons à ce propos qu'un tunnel d'approvisionnement du fameux château 'Neuschwanstein' du roi Louis II en Bavière a été récemment abattu par minage, sans mécompte et sans que la moindre fissure ne soit apparue dans la construction.

Les préjugés d'aucuns vis-à-vis du minage, le qualifiant comme une méthode brutale, sont dévoilés comme faux et même contre-productifs: Des terrassements à l'explosif - par exemple dans le grès de Luxembourg - pour autant qu'ils soient bien planifiés et judicieusement exécutés, provoqueraient à coup sûr moins de nuisances aux bâtiments et aux humains qu'un terrassement au brise-roches hydraulique. Pensons seulement aux bruits fatigants que peut causer un tel terrassement pendant des mois et des mois.

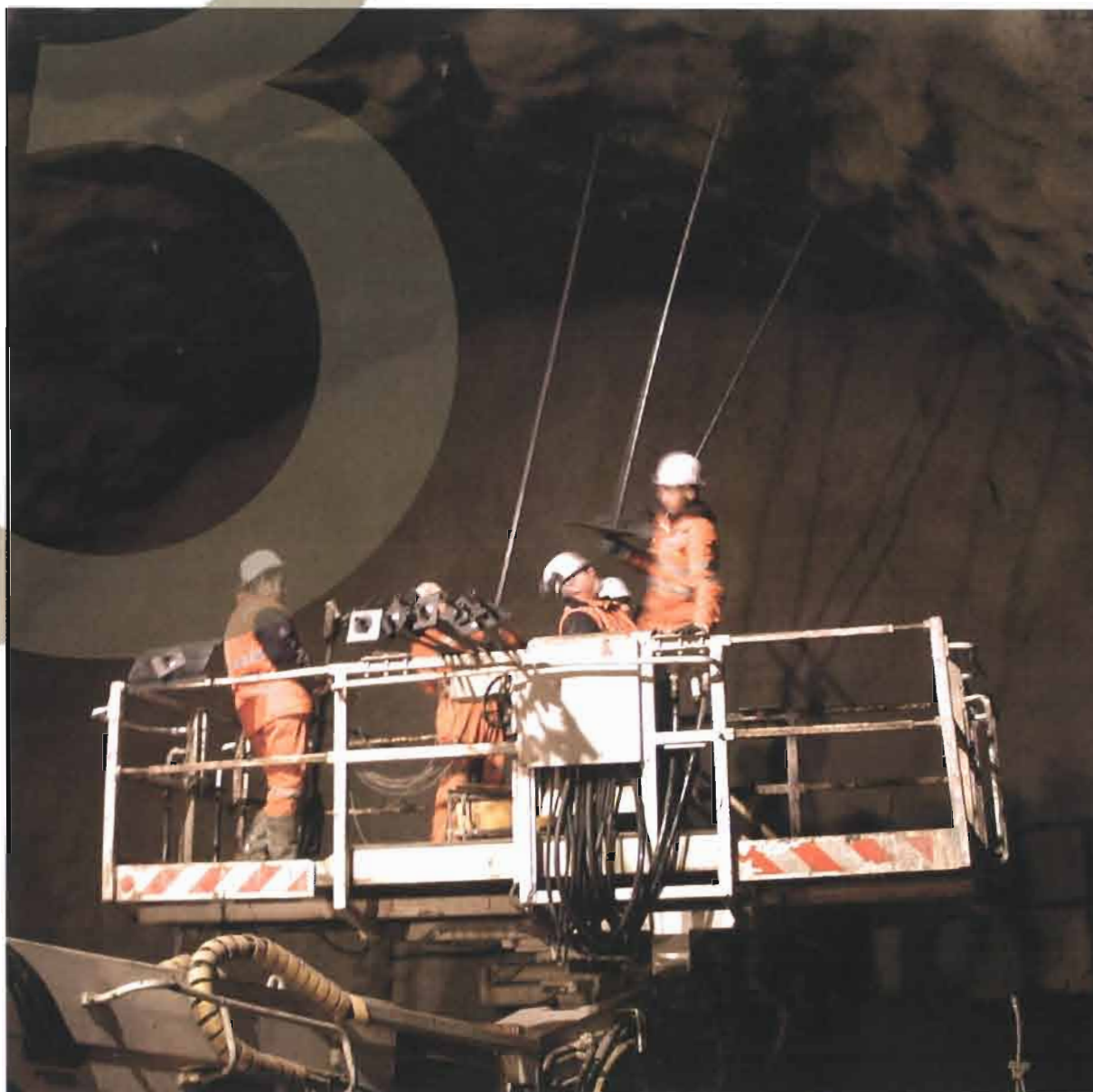
## le marinage

Par marinage, on entend le chargement du marin - rocher abattu en souterrain - et son transport hors du tunnel. Rien qu'en souterrain il y a lieu, au 'Tunnel Gousselerbiérg', de déplacer quelque 450.000 m<sup>3</sup> de roches et de les évacuer en due forme sur les déponies 'Schwunnendall' et 'Mierscherbiérg', préalablement aménagées, déponies de matériaux complètement inertes, renaturées après les travaux.





phasage des travaux



soutènement  
provisoire

## soutènement provisoire

### le soutènement provisoire

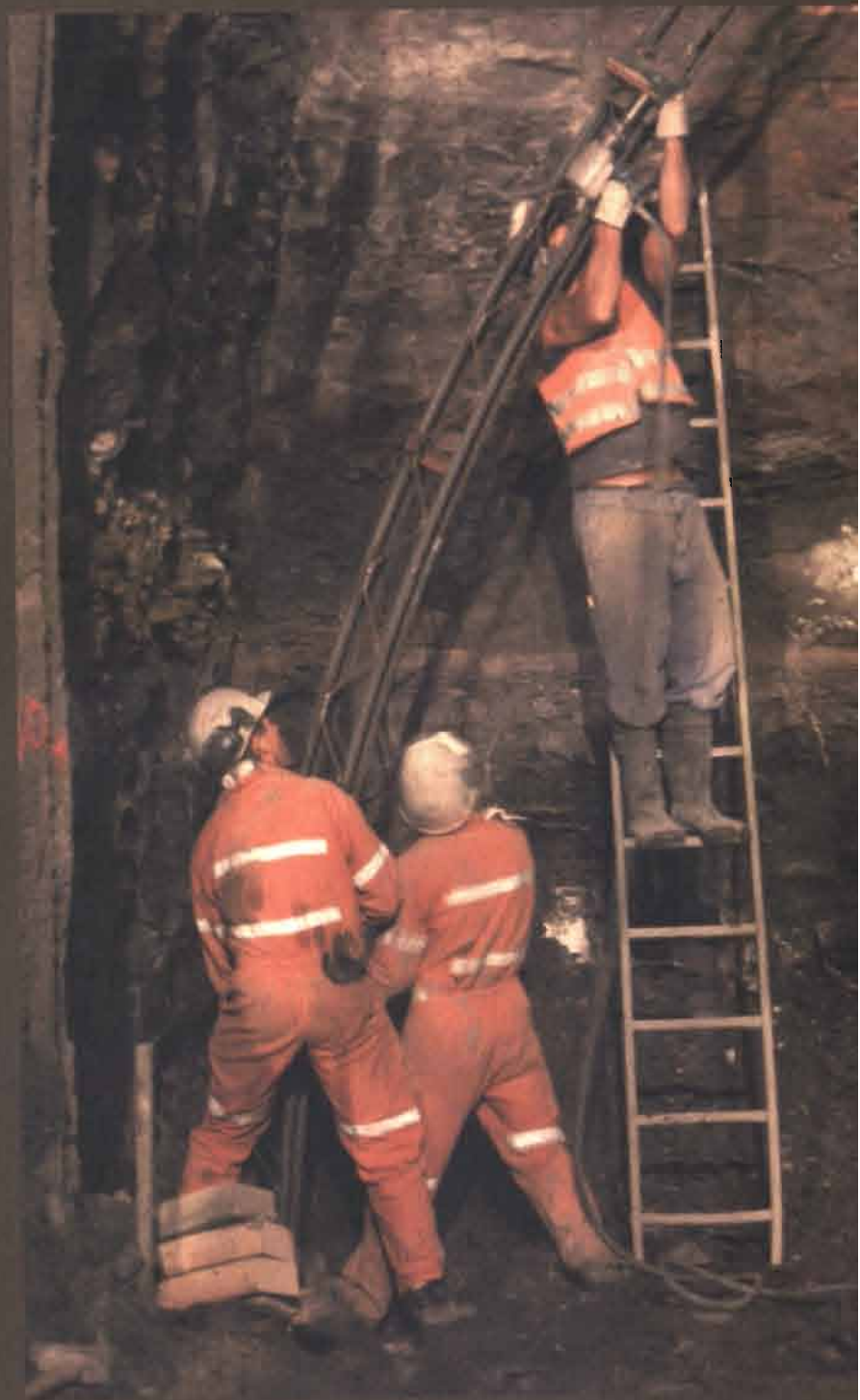
Si l'on enlève un appui à un objet, cet objet se renverse. Il en est de même de la construction d'un tunnel, puisque les matériaux enlevés lors d'un abattage constituaient en quelque sorte l'appui de la montagne. Cet appui manquant, il faut donc le remplacer par quelque chose d'équivalent, si on ne veut pas que la galerie se referme aussi vite qu'on l'a ouverte. On peut aussi parler, à ce moment là, d'un écroulement. Vilain mot

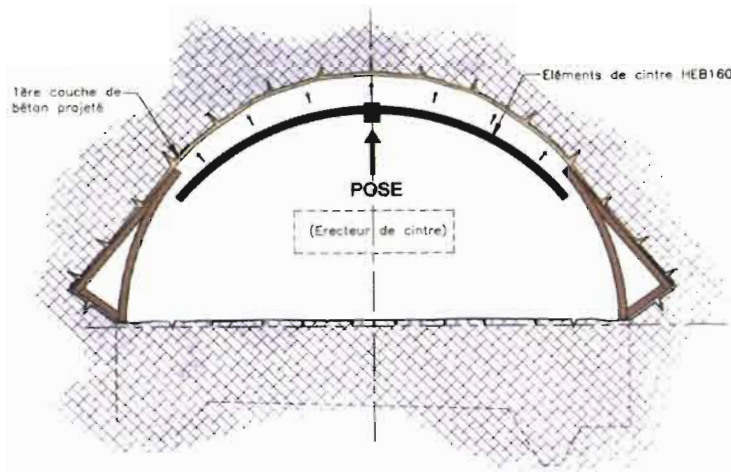
Or, la statique classique nous apprend qu'il y a lieu de faire le compte des charges supportées qu'il faut judicieusement dévier et fonder sagement sur le soubassement. Dans le cas d'un tunnel, les charges supportées équivalent au poids des terres sur le toit de la galerie. Pour le 'Tunnel Gousselerbiere' et les 100 m de sa couverture maximale, il faut localement maîtriser pas moins de 12.000 tonnes si on procède à un abattage de 4 mètres dans un tube seulement.

Cette charge n'est certes pas négligeable - à titre de comparaison, un pont est dimensionné pour une charge maximale de 120 tonnes, donc 1 % seulement des charges dont est question ci-avant - et suivant les principes de la statique classique, il faudrait, pour retenir ces forces, couler à chaque fois, derrière chaque excavation, une voûte en béton armé hautement résistant, d'une épaisseur d'un mètre au moins. Ce qui prolongerait le délai de construction actuellement prévu du 'Tunnel Gousselerbiere' de quelque 5 années, sans parler des coûts qu'il faudrait alors multiplier par deux.

Or, on ne met en place qu'un béton non-armé, mais fibré, d'une épaisseur de 15 cm au plus (cf. annexe). D'après les principes de la statique classique, le tunnel devrait donc s'écrouler purement et simplement. Ce qui n'est, fort heureusement, pas le cas. Quelle est l'explication ?

Elle réside dans l'application au 'Tunnel Gousselerbiere' d'une méthode de construction issue de réflexions rigoureusement appliquées - plutôt que d'une théorie nouvelle - mise au point dans les années 1960 par des gens comme Pacher, Müller-Salzburg et Rabcewicz, connue depuis lors sous le nom de NOT (Neue Österreichische Tunnelbauweise)





Cette façon de procéder prend son essor dans les années 1970 avec la construction des grands tunnels 'Tauern' et 'Arlberg'.

La NÖT consiste à considérer le substratum encaissant, non seulement comme charge à porter (facteur négatif), mais comme élément, comme matériau de construction essentiel (facteur positif). De surcroît, tout le monde peut s'en apercevoir, une force appliquée entraîne toujours une déformation.

Or, d'après les principes de la NÖT, il n'y a pas lieu d'interdire toutes ces déformations induites par les poussées du massif, mais de les limiter; les limites étant imposées par la résistance, le potentiel de travail des matériaux, donc du substratum rocheux. Ici encore, tout un chacun peut concevoir qu'on peut déformer chaque

chose jusqu'au moment où elle se casse. Donc en clair : le soutènement provisoire doit être mis en place en quantité suffisante au bon moment : ni trop tôt (alors on retient inutilement des forces que la montagne pourrait encaisser et, partant, on gaspille les deniers publics) ni trop tard (alors on induit à la montagne des forces qu'elle ne peut pas supporter et, partant, le tunnel s'écroule).

Il ressort de ce qui précède que le facteur temps devient outre mesure important dans l'application du soutènement. Il y a lieu de ne pas manquer le moment opportun. Pour satisfaire cette exigence, il faut avoir à disposition les matériaux et le matériel adéquat : Ainsi par exemple il n'est guère concevable, qu'après un abattage, on commence à ériger un coffrage, à mettre en place des armatures et à couler tranquillement du béton. Au tunnel 'Gousseleberberg' le béton est appliqué par projection, donc sans coffrage, au moyen de guniteuses robotisées. De surcroît, le béton n'est pas armé, mais on y adjoint des fibres métalliques de quelques centimètres de long seulement. Ces fibres augmentent considérablement le potentiel de travail, donc la déformabilité du béton, alors qu'un béton normal se casserait sans signe précurseur. Ainsi on a maîtrisé, sans apparition de fissures intempestives, des déformations jusqu'à concurrence de 15cm.





# les ouvrages tunnel gousseleberg soutènement provisoire

Le soutènement présente les caractéristiques suivantes:

1. protéger le terrain découvert de l'altération contre l'action de l'air et de l'eau,  
2. être mis en oeuvre immédiatement et faire corps avec le terrain.

Le soutènement est composé d'éléments composites et maniables (boulons, cintres, béton projeté) pour pouvoir être modifié facilement selon les conditions rencontrées et selon les mesures de comportement réel du terrain.

La mise en place du soutènement s'effectue en deux étapes:

1. la première phase de soutènement consiste à soutenir et mettre en sécurité la zone critique d'avancement du front

2. la seconde phase complémentaire est définie hors zone critique et selon le comportement de la première étape.

Composition du soutènement afin d'obtenir une coque continue régulière:

1. première couche de béton projeté fibré (épaisseur de 5 à 10 cm).

Le béton projeté est appliqué directement après l'excavation, ceci pour empêcher des chutes éventuelles de pierres et une stabilisation primaire de l'excavation.

L'équipe-type de soutènement est composée de 6 hommes, en particulier du conducteur de boulonneurs et du robot de projection. Elle travaille en 3 postes de 8 heures.

Après mise en place du soutènement, l'excavation reprend. D'habitude un cycle de creusement / soutènement est réalisé par poste.

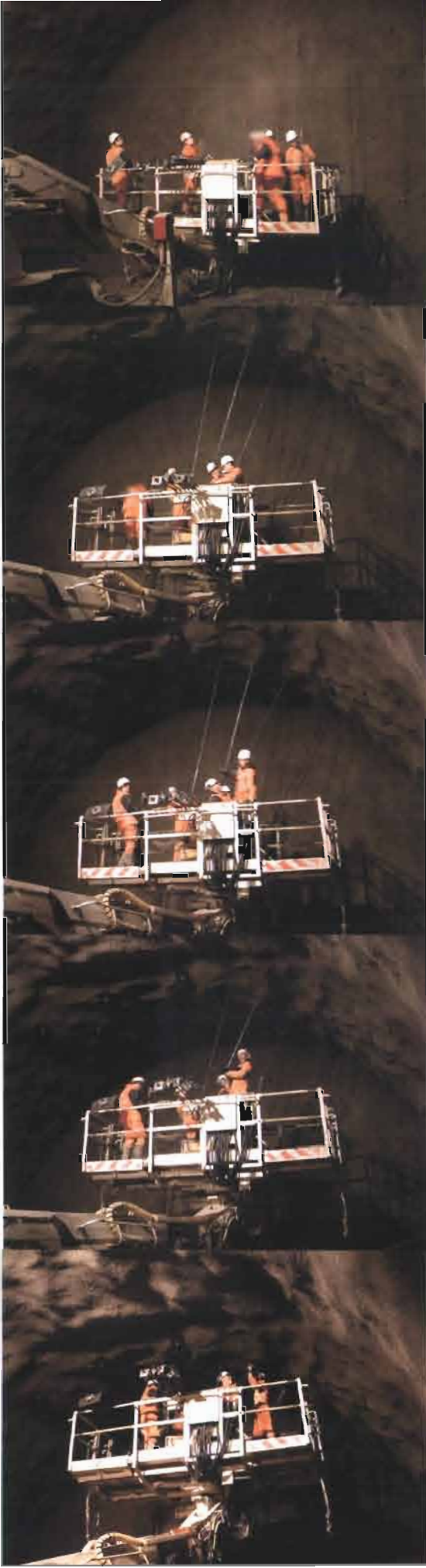


## boulons

Un autre élément important du soutènement sont les boulons : Il s'agit avant tout de boulons frottants qui agissent de suite (facteur temps). Ces boulons, mis en place par des boulonneuses semi-automatiques, ont plusieurs fonctions :

- a) ils assemblent des blocs rocheux qui, sous l'influence de la pesanteur, auraient tendance à tomber (Steinschlag)
- b) ils reportent les efforts dans le massif, palliant ainsi aux concentrations dangereuses, qui pourraient se former aux abords des excavations, menant ainsi à des instabilités locales brutales, qui souvent se produisent sans signe précurseur aucun (ce qui rend ce phénomène "Bergschlag" particulièrement dangereux)
- c) ils confèrent au matériau de construction 'rocher' toute la cohésion nécessaire, pour assumer son rôle en établissant, du moins partiellement, l'état de contrainte tridimensionnel auquel il était soumis avant l'excavation.
- d) il s'agit enfin d'éléments de construction flexibles, permettant une intervention constante en arrière du front par l'emploi de boulons plus longs ou d'un autre type, si des transformations plus importantes qu'escomptées devaient se manifester.

Lorsque les terrains traversés sont trop disloqués ou s'ils montrent une tendance à la plastification, voire à l'altération précoce, il faut immédiatement confiner l'excavation. Un tel support est réalisé au moyen de cintres préfabriqués lourds ou légers suivant le cas.

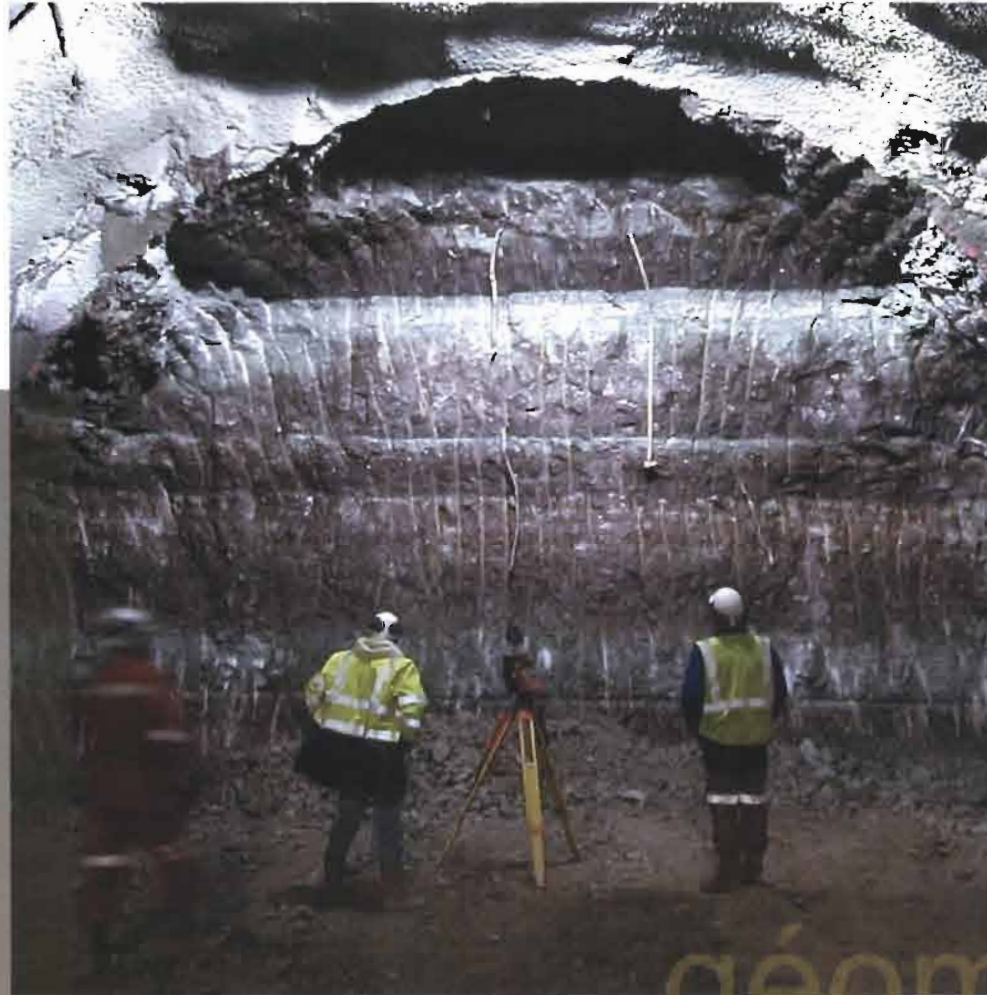




pose cintres légers

contrôle

# auscultation



géomètres

phasage des travaux

## auscultation - contrôle

Afin d'assurer l'efficacité constante du soutènement, le comportement réel du massif traversé est surveillé régulièrement. Si nécessaire, le soutènement est, ou renforcé ou allégé. Cette opération de surveillance nécessite la mise en place et le suivi au millimètre de profils témoins, installés tous les 12-15 m dans chaque tube. Chaque profil est donc contrôlé suivant un programme établi. Des courbes caractéristiques du comportement du massif et des soutènements par rapport à la distance au front d'excavation sont établies. Ceci permet de diagnostiquer des anomalies et de prendre très rapidement les décisions indispensables à la sécurité de l'ouvrage.

Description des travaux topographiques d'un chantier de tunnel.

- Mise en place de la polygonale d'appui avec correction et calage précis des 2 attaques
- Calculs du guidage de l'excavation
- Mise en place, au fur et à mesure de la polygonale dans chaque tube avec contrôle fréquent de l'état des points déjà installés (forts risques de "bougé")
- Mise en place, au fur et à mesure des repères de nivellement avec contrôle hebdomadaire de la "santé" de ces repères (risques de "bougé", dû au tassement de la galerie)
- Mise en place de profils d'auscultation



- Mesures de convergences des profils d'auscultation avec des théodolites très précis (Leica TCA1800L, T2000)
- Traitement des données d'auscultation et mise en diagrammes des déformations du massif permettant une décision en matière de soutènement
- Contrôle de l'excavation et de la mise en place du soutènement au moyen, entre-autre, d'un profilomètre
- Calculs des cubatures d'excavation, des hors-profils et des hors-profils géologiques
- Contrôle de l'excavation et du soutènement du stross
- Contrôle de la géométrie des coffrages de l'anneau définitif



# phase 4

## auscultation - contrôle

### profils d'auscultation

### courbes de tassement - convergence

Les profils d'auscultation des mouvements du massif suite à l'excavation sont espacés de 6 à 20 mètres selon les conditions géologiques et les types de soutènements: profils rapprochés dans les zones de terrains de mauvaise qualité, dans les zones de changement de terrains ou de soutènement.

La fréquence des levés est quotidienne jusqu'à l'obtention d'une tendance à l'équilibre (en situation normale, cette tendance est obtenue pour une distance front-profil inférieure à 30 mètres) puis, cette fréquence devient hebdomadaire voire mensuelle.

Chaque profil d'auscultation est constitué de 5 points de mesures:

- une clé de voûte;
- deux points aux naissances de voûte;
- deux points en base des piédroits

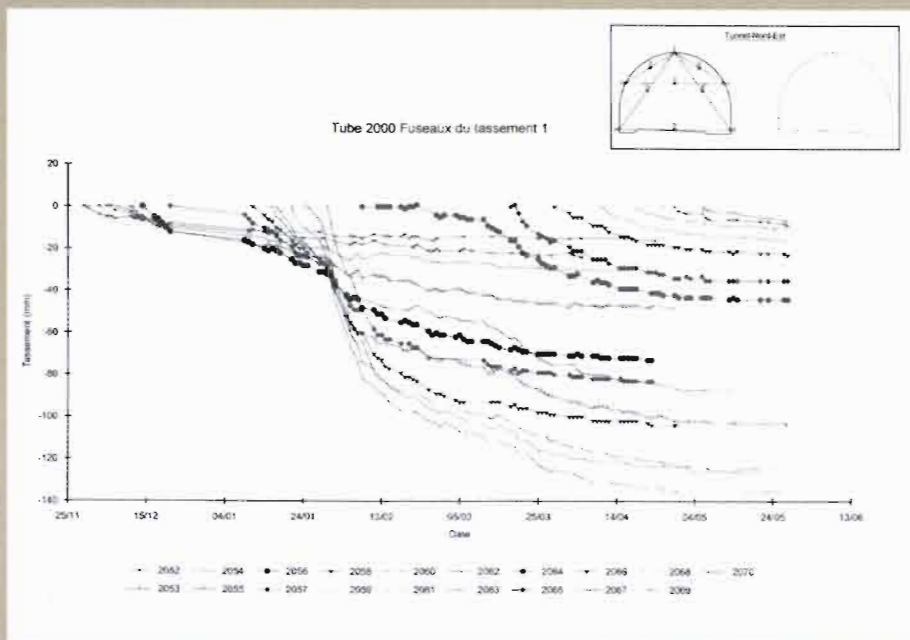
Des mesures sont réalisées :

- en altimétrie pour les 5 points-repère;
- en convergence pour 6 cordes définies sur les 5 points repères.

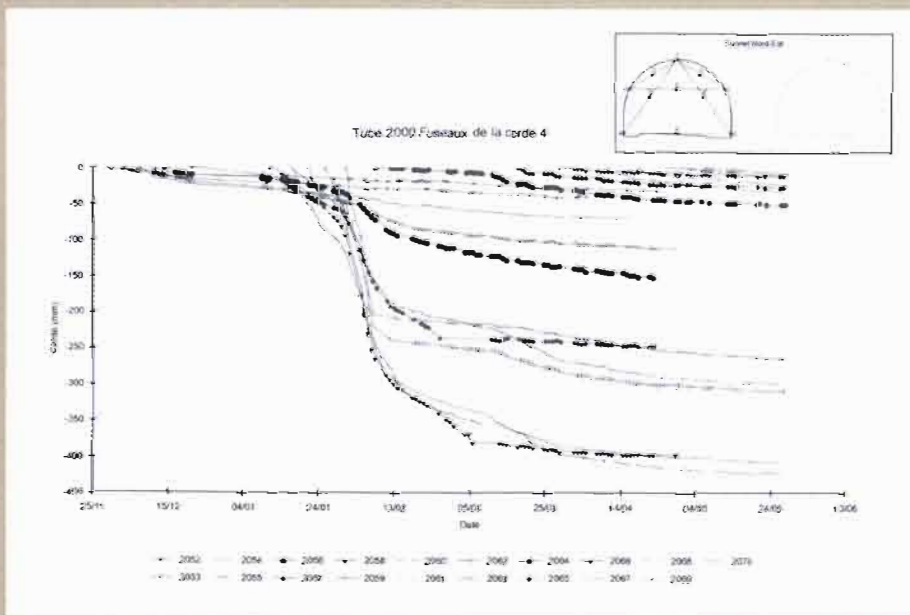
Ces mesures sont interprétées en terme de variation au cours du temps ou selon l'éloignement du front sous forme de courbes de tassements et convergences.

Ces courbes sont analysées:

- en terme de tendance à l'équilibre pour vérifier l'adéquation du soutènement mis en place; et, dans les cas instables, pour vérifier la mise en place de soutènement supplémentaire (ancrages, ...) en arrière de la zone d'excavation voire de la substitution par un soutènement plus lourd (reprofilage, pose d'un nouveau soutènement, ...);
- en terme d'allégement ou de renforcement du soutènement mis en place dans la zone d'excavation selon la comparaison des valeurs mesurées aux seuils de référence donnés par le bureau d'étude pour chaque profil-type de soutènement.



### tassement



### corde



reprofilage

ment reprofilage  
étanchém



phasage des travaux



## étanchement

Afin de protéger l'ouvrage définitif des eaux d'infiltration, une membrane d'étanchéité en PVC (épaisseur 2 mm) est appliquée sur le périmètre de l'anneau du tunnel avant le bétonnage du revêtement. Cette étanchéité est connectée à un système de drainage et de traitement des eaux d'infiltration et de ruissellement.

Au total, 70.000 m<sup>2</sup> de membranes ont été utilisés dans le tunnel du Gousseleberg.

### Membrane d'étanchéité



A l'endroit de chaque arrêt de bétonnage (Blockfuge) du revêtement, l'étanchéité est renforcée par l'application d'une bande supplémentaire (matériau identique) d'au moins 50 cm de largeur, à souder sur tout le pourtour de la cavité.

### Etanchement

Le "Tunnel Gousseleberg" est muni d'une étanchéité partielle (Teilabdichtung), qui s'applique à la surface d'extrados des piedroits et de la voûte. Les eaux souterraines sont déviées par l'intermédiaire d'une couche drainante et de captages ponctuels vers un collecteur de drainage.

Les lés d'étanchéité sont en PVC-mou calandré, épaisseur 2 mm, hormis la couche de marquage obligatoire.

Les matériaux du complexe d'étanchéité sont fixés au support de manière ponctuelle, soit par au moins 2 fixations au m<sup>2</sup> à l'endroit des piedroits et au moins 3 fixations au m<sup>2</sup> à l'endroit de la voûte.

### Avancement (mode d'exécution)

- l'avancement par minage ou l'avancement mécanique en attaque montante comme méthode (mode) d'excavation (p.ex. machines à attaque ponctuelle, brise-roche hydraulique, etc...). Aussi une combinaison de moyens mécaniques et de minage a été envisagée. En outre, vu la situation hydrogéologique et l'évolution des dépôts, l'avancement en attaque descendante d'un certain tronçon du tunnel et ce pour les fronts en provenance de la "Vallée de l'Alzette"
- le creusement par demi-section (type d'excavation B) comme type d'excavation
- les profils-types avec leurs soutènements respectifs, en fonction notamment des mode et type d'excavation, de la fracturation et des caractéristiques mécaniques du massif
- les autres dispositions ayant une incidence sur l'avancement, tels que les travaux de confortation, de drainage, de reconnaissance et des mesures de contrôle.

Comme l'avancement est réalisé dans un massif présentant une tendance à l'altération, voire au gonflement, en présence d'eau, les captages sont effectués en limitant autant que possible le contact entre l'eau et le rocher. En plus, le captage des eaux est fait le plus près possible du front de taille.

Le trafic de chantier est susceptible de dégrader excessivement le fond de l'excavation, des pistes de chantier souterraines adéquates sont de rigueur, aussi bien lors de l'avancement des calottes que des stross.

Le contrôle géométrique de l'excavation ainsi que l'exécution des éventuels reprofilages sont entrepris, si possible avant la mise en place du soutènement, mais au plus tard avant la réalisation du revêtement.

## Membranes d'étanchéité

Les membranes d'étanchéité sont fixées de telle sorte que leur adaptation au support sans tensions excessives soit garantie lors du bétonnage du revêtement. Dans le cas d'une fixation ponctuelle, il est donc nécessaire de prévoir un certain jeu dans la surface de la membrane.

## Essais de contrôle des étanchéités

### Contrôle visuel de l'étanchéité

Les feuilles d'étanchéité posées sont contrôlées visuellement pour détecter d'éventuels dégâts d'origine mécanique.



### Contrôle des soudures des lés d'étanchéité

Les contrôles peuvent être manuels (soudures simples et doubles).

La soudure est vérifiée par l'exercice d'une pression au moyen d'une pointe ou d'un tournevis, permettant de localiser les défauts éventuels de la soudure.

### Contrôle des soudures doubles à l'air comprimé

Une pression d'air comprimé de 0,20 MPa est exercée dans le conduit formé par les deux soudures. Le résultat est concluant lorsque la perte de pression n'excède pas 0,02 MPa en 15 minutes.

La surpression provoque également une sollicitation mécanique de la soudure, ce qui permet un contrôle de la résistance de celle-ci.

### Contrôle sous vide des soudures par apport (soudures par extrusion).

Tout d'abord la soudure est enduite d'un liquide de contrôle (solution savonneuse), puis une cloche à vide est mise en place pour ensuite

appliquer une dépression de 0,05 MPa pendant 2 minutes. L'essai est concluant lorsqu'aucune bulle ne se forme dans le liquide de contrôle.

### Sondages et mesures de contrôle

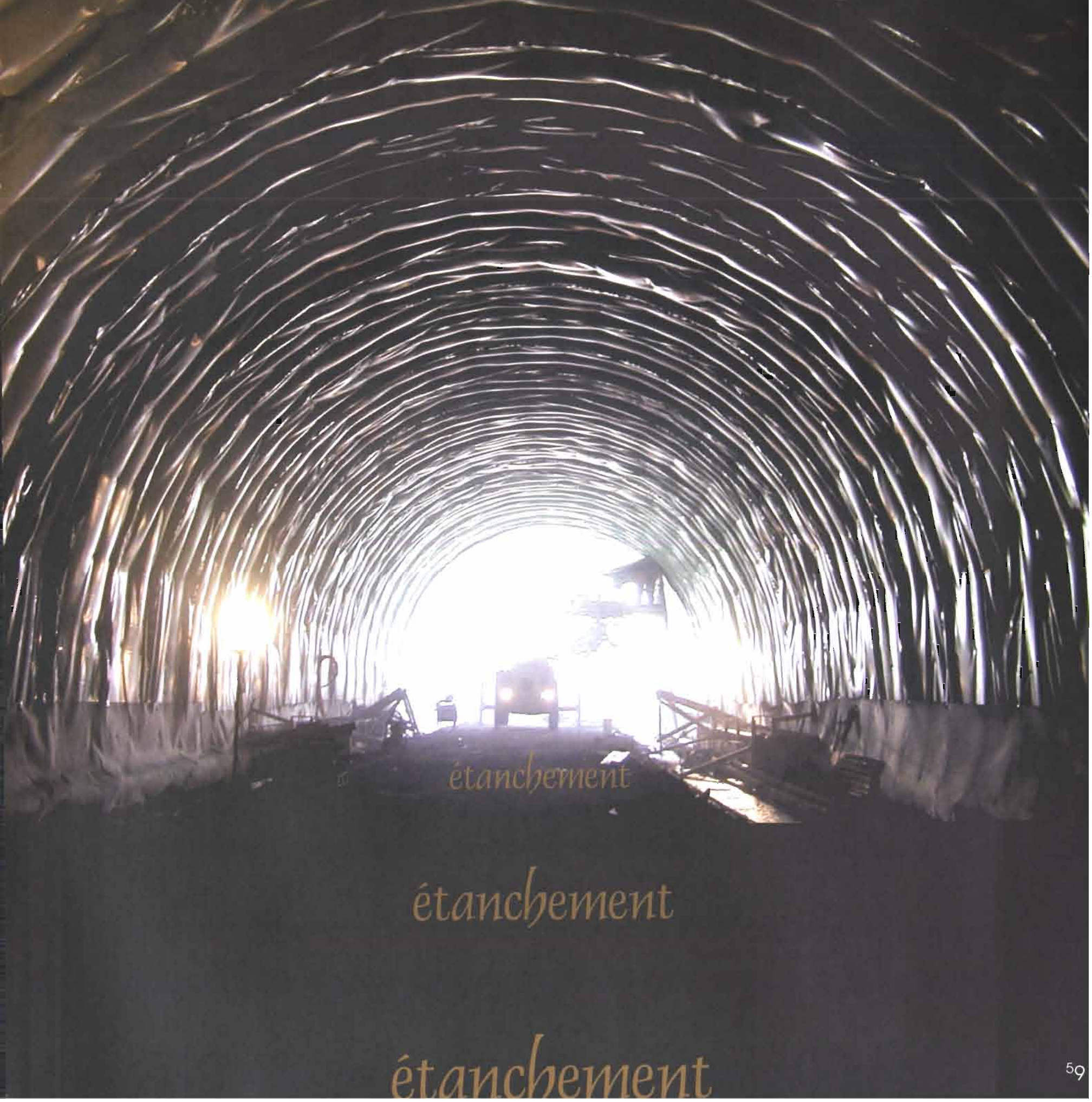
Pour obtenir des données complémentaires sur les conditions géologiques, la direction des travaux peut faire exécuter des sondages ou des relevés occasionnels dans la zone de l'avancement, tels que :

- galeries de reconnaissance
- forages
- prélèvements d'échantillons
- mesures in situ
- autres investigations.

### Injections

On distingue les injections de remplissage (de bourrage), de consolidation et d'étanchement.

Les injections de remplissage (de bourrage) ont pour but de remplir les vides existants entre le soutènement et le massif, ainsi qu'entre le revêtement et l'étanchéité.



étanchement

étanchement

étanchement

intérieur

anneau

en

béton



phase des travaux

## l'anneau intérieur en béton (revêtement)



Le tunnel excavé et 'provisoirement' soutenu, le complexe d'étanchéité installé, rien ne s'oppose au bétonnage de l'anneau intérieur.

Les fonctions, qui lui sont historiquement attribuées, sont les suivantes :

- remplacer le soutènement 'provisoire' par un soutènement 'définitif'
- donner un aspect plus esthétique en béton vu à l'intrados (critère des plus classiques, mais plutôt subjectif)
- enchâsser une partie de la tuyauterie et des câbles, les protégeant ainsi contre un incendie éventuel
- protéger l'étanchéité.

La question qu'il y a lieu de se poser, et que beaucoup de spécialistes se posent, est la justification de ce procédé de nos jours. Le soutènement appelé 'provisoire'; par quoi pourrait-il en effet être dégradé de telle sorte qu'il faille absolument le remplacer par un deuxième étayage appelé 'définitif'.

Il y a deux réponses à cette question. L'une est technique: Rien, ou presque rien, ni d'un point de vue statique, ni d'un point de vue technologique, ne requiert la mise en place systématique d'un 'deuxième' soutènement.

L'autre se réfère aux normes et aux usages : Les éléments de l'anneau extérieur, donc du soutènement 'provisoire', ne sont actuellement pas normés pour pouvoir être qualifiés de durables, même si on peut être d'avis qu'un béton projeté ne se dégrade pas plus dans le temps qu'un béton coulé dans un coffrage. Notons à ce propos que des recherches scientifiques et des efforts en matière de normalisation sont en cours pour changer cet état des choses peu satisfaisant, mais fort coûteux.

L'épaisseur de l'anneau intérieur, pour des raisons technologiques et de mise en place notamment, est de 30 cm en moyenne. Sur la plupart du tracé, il n'est cependant pas armé, ce qui n'est encore point permis par la norme DIN 1045, normalement d'application au Grand-Duché, mais ce que, fort heureusement, les récents eurocodes admettent. Le profil en fer à cheval est en effet conçu de telle sorte, qu'il n'est guère sollicité par des moments de flexion mais par des bielles de compression, ce à quoi un béton non-armé résiste parfaitement.





## l'anneau intérieur en béton

En plus, la réglementation existante, estimant qu'un béton ne peut être soumis à des efforts de traction, n'est plus tenable, du moins pas dans le cas d'une voûte. (Ni dans l'Antiquité Romaine ni au Moyen-Age les voûtes n'ont été armées sans pour autant qu'elles se soient écroulées) Ainsi on peut démontrer, modèle mécanique réel à l'appui, qu'une section de béton non-armé, soumise à des petites à moyennes excentricités, ce qui est normalement le cas dans un tunnel, résiste beaucoup mieux à ces efforts que le modèle théorique normé en vigueur ne le présuppose.

La présence d'armatures dans le béton, abstraction faite de l'aspect pécuniaire, a encore d'autres désavantages: lors d'un incendie, le métal qui est un bon conducteur, se dilate et peut faire 'exploser' le béton qui l'enrobe, les armatures peuvent déchirer l'étanchéité lors du bétonnage et, enfin, elles compliquent outre mesure la mise en œuvre du béton dans le coffrage.

Cette mise en œuvre n'est effectivement et d'office pas évidente. Pour la réussir, il faut que la maniabilité du béton, son pompage par des orifices, judicieusement prévus en clé de voûte, sa pervibration par des fenêtres latérales dans le coffrage et son traitement après prise derrière le coffrage sur une longueur de plus de 30 mètres soient bien étudiés et fassent un ensemble indissociable rigoureusement appliqué dans le cadre d'une logistique spécialement conçue à cet effet.





# Travaux et d'infrastructure parachevement



phases des travaux



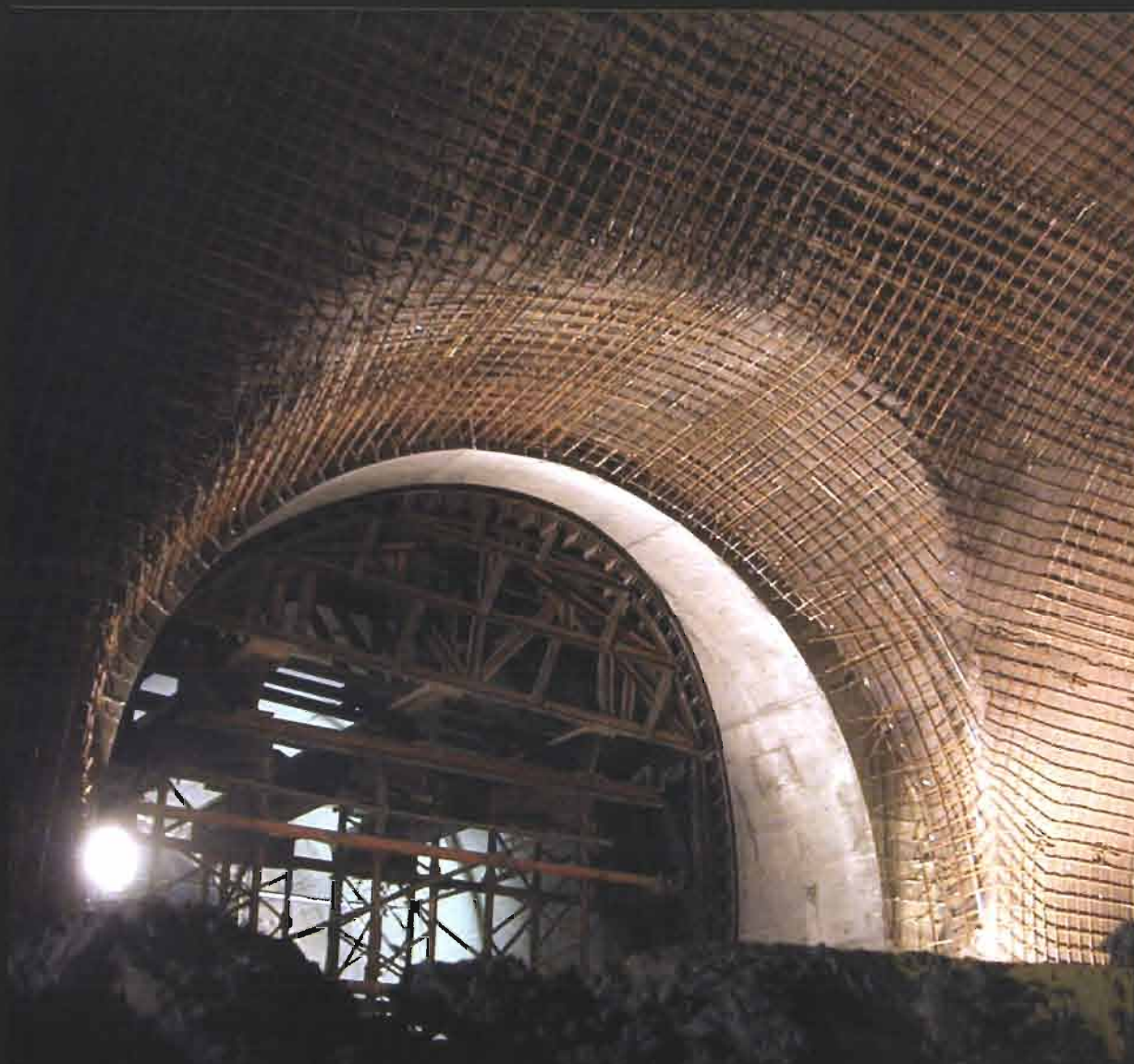
## Travaux d'infrastructure et parachèvement

Ces travaux comprennent :

- Caniveaux le long du tunnel, pour la pose des câbles, conduites d'incendie, signalisation, etc... Ces caniveaux sont couverts par une prédalle carrossable.
- 2 collecteurs diam. 400 mm avec des regards-siphons tous les 40 à 50 m.
- Caniveaux à fente pour une évacuation directe de tous produits liquides vers le regard-siphon, resp. le collecteur et les réseaux d'assainissement.
- La mise en place du canal à air. Alimentation en air frais dans les galeries transversales et mise en surpression.
- Le soubassement de la chaussée composé de 2 x 25 cm de grave laitier.
- Les regards de contrôle drainage, posés tous les 40 à 50 m, pour vérifier le drainage posé le long du tunnel entre la membrane d'étanchéité, le soutènement primaire et la couche de roulement de 8 cm.



équipement  
*techniques*



galerie de liaison

sécurité

# es mesures techniques

description des équipements techniques

## escription des équipements techniques

Garantir une sécurité maximale des utilisateurs du tunnel  
Réduction maximale du besoin en énergie électrique  
Garantir une haute disponibilité des installations techniques  
Protéger au maximum l'environnement

### l) garantir la sécurité des utilisateurs

- 1) Par des mesures constructives
- 2) Par des mesures techniques
- 3) Par des mesures organisatrices

# les mesures constructives

- Deux tubes séparés avec circulation unidirectionnelle
  - En cas d'accident: pas de répercussions sur le trafic de l'autre direction.
  - En cas d'incendie: utilisation du tube non sinistré comme issue de secours.
  - En cas de travaux d'entretien: fermeture uniquement d'un tube et non pas du tunnel entier.
- Galeries de liaison entre les deux tubes
  - Dans le cas d'un incendie, une évacuation rapide des utilisateurs est garantie par 8 galeries de liaison, reliant les deux tubes tous les 300 m.
  - Les galeries GA3 et GA6 peuvent aussi être utilisées par les véhicules des corps de sauvetage.
- Niches SOS
  - Tous les 100 m, 26 niches SOS équipées par des installations de communications modernes et fiables sont installées sur le côté droit de la chaussée.
  - L'utilisateur y prend contact avec la Protection Civile pour l'informer de son problème.
  - Les niches, les portails et les galeries transversales principales sont équipés par un système d'extinction à base de mousse, permettant une lutte efficace contre un incendie (LENZING).
  - La niche est observée par caméra vidéo; ainsi l'opérateur du 112 a une meilleure analyse de la situation sur le terrain, et peut intervenir en cas d'actes de vandalisme.
- Deux bâtiments de services séparés aux droits des portails du tunnel.
- Deux galeries de liaison supplémentaires aux droits des portails.
- Caniveaux en fente avec dispositifs coupe-feu assurant une évacuation rapide des produits inflammables.
- Conduites incendie dans chaque tube.
- Hydrants pompiers au droit de chaque niche SOS, des galeries et des portails.
- Accès aux portails garanti, même en cas de congestion sur l'autoroute.

# ventilation des deux tubes

## techniques de ventilation

- Ventilation longitudinale des deux tubes
- Minimum 12 ventilateurs (boosters) par tube
- Commande rapide des ventilateurs suivant la densité du trafic
- Commande des ventilateurs en fonction du taux de remplissage du tunnel et du lieu du sinistre
- Supervision des valeurs-limites de l'oxyde de carbone (CO) et de l'opacité.
- Déclenchement automatique de programmes spécifiques en cas de détection d'un incendie
- Ventilation indépendante des galeries de liaison

Les galeries de liaison, qui sont prévues comme issues de secours sont mises sous pression par des ventilateurs indépendants de la ventilation du tunnel. Pendant le temps de l'exploitation normale, les locaux techniques situés dans les galeries techniques seront ainsi protégés contre toute pollution. En cas d'incendie, la mise en surpression des galeries empêchera la propagation de la fumée d'un tube à l'autre.

## techniques de communication

- Niches SOS fermées permettant une communication indépendante du niveau de bruit dans le tunnel.
- Appareils de communication digitaux avec caméra permettant une communication claire et précise entre l'utilisateur et les opérateurs du 112.
- Supervision des niches SOS par caméras vidéo.
- Système de sonorisation publique performant installé dans le tunnel et dans les galeries.
- Retransmission de toutes les stations radio courantes dans le tunnel.
- Emission de messages vocaux sur tous les programmes radio émis à l'intérieur du tunnel avec transmission du signal ARI indiquant qu'il s'agit d'un message de radiodiffusion pour la circulation routière.
- Retransmission des fréquences utilisées par les services de sauvetage et les forces de l'ordre à l'aide d'un système de radiotransmission protégé contre l'interruption en cas d'incendie.
- Retransmission des deux réseaux GSM (LUXGSM et TANGO) par antennes.
- Affichage de messages variables sur les panneaux CITA situés en amont et en aval du tunnel, permettant une information précise sur la situation du trafic à l'intérieur du tunnel (Avertissement conducteurs en cas de non-respect du code de la route, en cas de fermeture du tunnel en indiquant la raison, en cas de voiture en panne, etc...)
- Afin d'assurer une communication sûre et efficace, la transmission de tous les signaux à l'intérieur du tunnel est effectuée par des fibres optiques.
- Mise à disposition aux services de sauvetage de tableaux de commande et de visualisation aux droits des portails, permettant une commande à distance de tous les équipements vitaux, ainsi qu'une visualisation des différentes parties du tunnel supervisées par caméras vidéo.
- Information des conducteurs par voie de sonorisation sur la situation du trafic en cas de bouchons.

# techniques de mesure et de supervision

- Supervision permanente du trafic à l'aide de caméras vidéo.
- Supervision assurée 24/24h à partir du poste de commande CITA.
- Détection automatique d'un accident (DAO), d'un ralentissement ou de toute autre perturbation du trafic à l'aide d'un système informatique performant.
- Enregistrement en permanence des images vidéo, permettant une reconstruction du scénario en cas d'accident ou d'incident.
- Fermeture automatique du tunnel en cas d'incendie ou de perturbation du trafic, ou dans le cas d'un dépassement des valeurs critiques de la qualité d'air, etc...
- Système indépendant de détection d'incendie, permettant une détection incendie rapide et précise avec une mesure de température en voûte tous les 10 m.
- Système de prédétection d'incendie rapide et fiable basé sur l'analyse numérique des signaux vidéo des caméras (DAO).
- Mesure de toutes les valeurs relatives à la qualité d'air à plusieurs endroits par tube et intégration dans le système d'automates programmables.
- Détection de tous les paramètres météorologiques et information des conducteurs (CITA).
- Captage de toutes les caractéristiques techniques relatives à la maintenance et mise à disposition aux techniciens de maintenance.

Système de supervision et de gestion du tunnel indépendant.

## techniques d'éclairage

- Eclairage moderne et économique.
- Adaptation automatique des seuils d'éclairage aux conditions d'éclairage extérieures, permettant une entrée et une sortie sûres et sans aveuglement.
- Eclairage de secours installé à 60 cm au-dessus du trottoir, permettant une orientation aussi en cas de perturbation de vue causée par la fumée.
- Eclairage de balisage installé tous les 10 m au bord du trottoir commuté en cas d'un incendie de façon à indiquer le chemin de secours.
- Réduction de la consommation en énergie électrique en utilisant des couleurs claires pour les parois du tunnel.

## techniques de signalisation

- Identification précise et individuelle des niches SOS et des issues de secours.
- Utilisation de panneaux modernes à fibres optiques permettant un gain de place du fait qu'un panneau peut visualiser plusieurs types de signalisation.
- Signalisation précise de la fermeture d'un tube ou d'une voie.
- Commande rapide des panneaux de signalisation assistée par ordinateur à partir du centre de contrôle CITA.
- Possibilité de commander la signalisation localement en cas de nécessité.
- Possibilité de réagir de façon préventive sur le trafic en amont du tunnel.
- Barrières automatiques pour assurer la fermeture du tunnel

## technique d'alimentation en énergie électrique

- Alimentation en énergie électrique à partir de deux réseaux CEGEDEL indépendants.
  - Plusieurs transformateurs indépendants.
  - Deux groupes électrogènes indépendants.
  - Toutes les fonctions vitales seront alimentées à partir de ces groupes en cas d'interruption totale des réseaux CEGEDEL.
  - Alimentation sans coupure supplémentaire pour tous les équipements informatiques.
  - Alimentation par batterie des installations de détection d'incendie.
  - Conception modulaire des armoires électriques de distribution permettant une maintenance très rapide.
- Supervision de tous les paramètres de distribution électriques vitaux par le système de supervision du tunnel.

# mesures organisatrices

- Coordination centrale de toutes les activités de sauvetage à partir du centre de la Protection Civile.
  - Le directeur du groupe d'intervention est toujours informé de la situation sur le terrain et dispose de toutes les techniques de communication.
  - Dans le cas d'un incendie, les conducteurs enfermés sont invités, par tous les moyens de communication à disposition, à quitter leurs véhicules et à rejoindre la galerie de liaison la plus proche.
  - Information des conducteurs par voie de sonorisation sur la situation en cas de bouchons.
  - A partir d'une certaine ampleur du sinistre, le directeur du groupe d'intervention déclenchera le plan de catastrophe.
  - Dans ce cas, une cellule d'intervention et de coordination sera installée sur place et coordonnera les activités de sauvetage.
  - Avant l'ouverture du tunnel, la population luxembourgeoise sera informée sur le comportement correct en cas d'accident ou d'incident dans le tunnel.
  - Les interventions de sauvetage seront exercées régulièrement ensemble avec les conducteurs dans des conditions réelles. Les expériences qui en résulteront seront la base pour une amélioration éventuelle des interventions de sauvetage.
  - La population luxembourgeoise sera informée du résultat de ces essais de sauvetage.
- Tous les équipements de sécurité seront contrôlés régulièrement par des bureaux de contrôles agréés.

## réduction de la consommation en énergie électrique reduction de la consommation en **énergie** électrique

- Conception des parois du tunnel en teinte claire, mise en peinture du tunnel, utilisation d'une couche de roulement en teinte claire spécialement conçue pour le tunnel.
  - Optimisation de la régulation de l'éclairage.
  - Optimisation de la régulation des ventilateurs.
- Production d'énergie électrique avec les groupes électrogènes pendant les heures de pointes.

## haute disponibilité des équipements techniques haute disponibilité des équipements techniques

- Réalisation de l'entretien et de la maintenance des équipements techniques par des firmes spécialisées.
  - Enregistrement des travaux effectués sur les équipements dans la base de données du système de supervision du tunnel, permettant un contrôle à distance efficace effectué par les ingénieurs des Ponts et Chaussées.
  - Supervision de toutes les activités de maintenance par le système de supervision du tunnel.
  - Un contrôle d'accès permet un suivi à distance des présences des équipes de maintenance dans les locaux techniques.
  - Les équipes de maintenance sont informées automatiquement en cas d'un défaut ou d'un dépassement des heures de fonctionnement d'une machine, facilitant ainsi un entretien préventif suivant les règles d'art.
- Les firmes chargées par la maintenance auront accès au système de supervision du tunnel moyennant une communication sécurisée

viaduc de Lorentzweil



890m



# longueur viaduc

# 890 m

Le viaduc, d'une longueur de 890 m, est composé de 2 ouvrages parallèles. Chaque ouvrage est partagé en 3 tabliers, d'environ 300 m de long chacun. L'ouvrage est composé de 40 travées, chacune d'une portée de 22,25 m.

Cette disposition a été choisie afin d'éviter une trop grande épaisseur de la dalle, ainsi qu'un encombrement optique. L'aspect de l'ensemble peut rappeler une passerelle en bois, comme celle souvent installée dans les zones humides.

# hauteur maximale du viaduc: 10,00 m

# 40travées 40travées 40travées 40travées 40tra

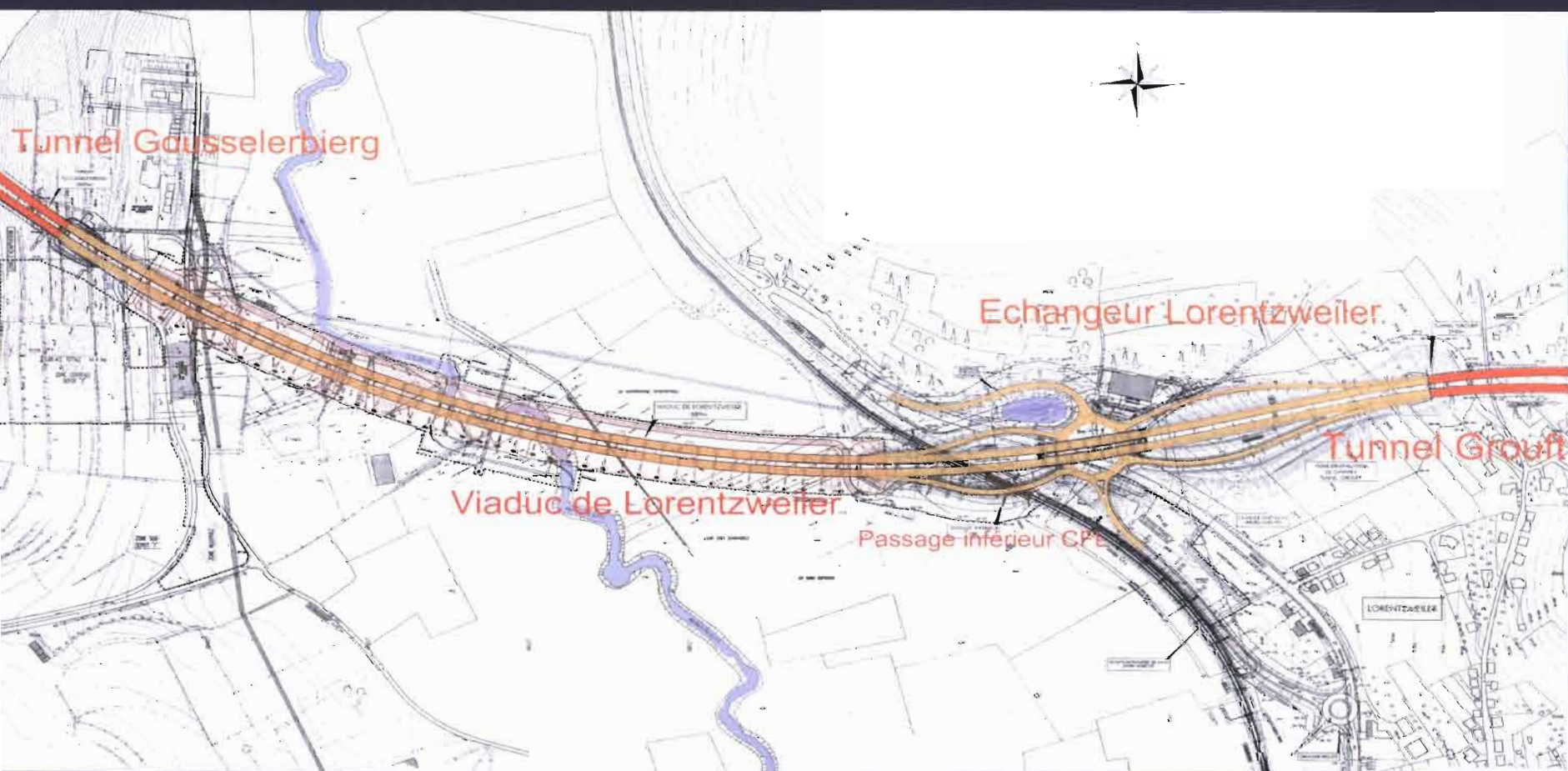
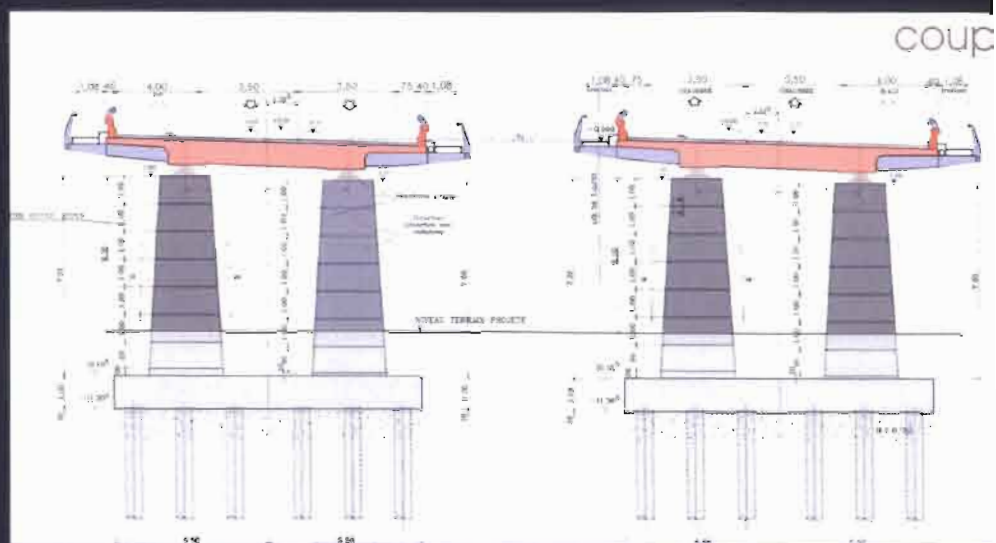
# hauteur des piles: 5-8m

# viaduc lorentzweiler

## généralités:

Le viaduc porte les 2 voies directionnelles de l'autoroute du nord, A7. Le raccord à l'échangeur de LORENTZWEILER est aménagé du côté Luxembourg par une voie d'accélération (tablier Nord) et une voie de décélération (tablier Sud). La section utile routière est composée comme suit:

Bande dérasée:	0,50 m
Bande d'arrêt (voie d'accélération ou de décélération):	3,50 m
Voie de circulation (trafic lourd):	3,50 m
Voie de circulation (trafic rapide):	3,50 m
Bande dérasée:	0,75 m



L'espacement entre tabliers est de 3,74 m dans la continuité de l'espacement des tunnels.

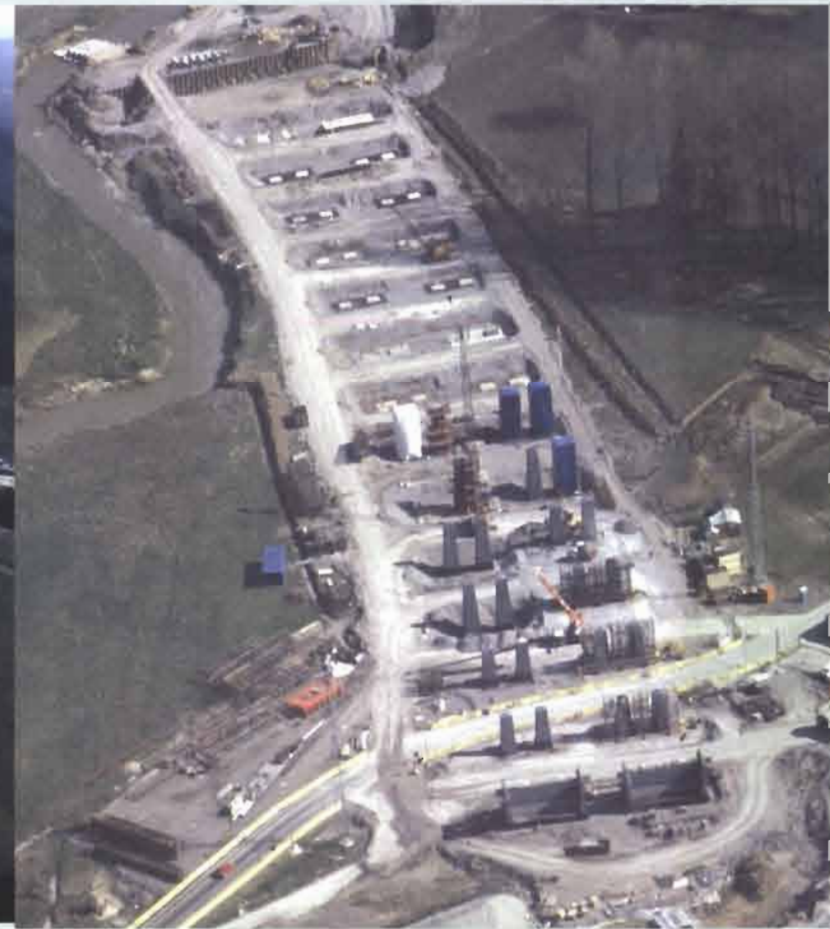
Sur la longueur du viaduc, le rayon en plan est constant de 1.650 m (axe) avec un devers de 2,75 %. Le profil en long comporte un point bas à proximité de l'Alzette, la pente longitudinale est de 0,8 % vers le tunnel Gousselerberg et de 1,4 % vers le tunnel Grouff (échangeur).

## géométrie équipements de voirie:

Délimitation de l'autoroute à gauche et à droite (sur tablier) par un dispositif de retenu du type BN1 (muret en béton armé, muni d'une main courante style métallique).

A gauche et à droite des murets, des chemins de service sont suspendus au tablier.

Au point bas, l'écoulement des eaux est amené par des collecteurs en fonte DN200. L'évacuation des eaux est prévue par des bassins d'aspect naturel, situés près du viaduc.



## infrastructures

L'éclairage de la chaussée est prévue par des bandes lumineuses à fixer entre le muret BN1 et la main-courante.

Les panneaux à messages variables et la signalisation directionnelle seront fixés sur les supports extérieurs.

## infrastructures

Toutes les infrastructures reposent sur des semelles, qui sont fondées dans le sol par des pieux battus du type FRANKI. Ainsi, chaque appui comporte 2 fûts de pile sur 1 semelle et 16 pieux de diamètre 600 mm à base élargie (bulbe). Chaque pieu a une portance de 120 tonnes.

Piles courantes:

Semelle sur 16 pieux battus. Ancrage dans les graviers de la vallée à une profondeur d'environ 10 m.

Piles près du passage de la conduite SOTEG et du collecteur SIDERO:

Semelle sur 16 pieux

Les pieux sont partiellement battus à double chemisage, afin d'éviter une sollicitation des conduites par le battage.

Ancrage dans les graviers de la vallée à une profondeur d'environ 10 m.

Culées:

Semelle sur 20 pieux battus

Béton B35 pour fondations, piles et culées: 11.850 m<sup>3</sup>, dont  
5.200 m<sup>3</sup> de béton gris

Armatures pour fondations, piles et culées: 275.000 kg

Pieux:

1.564 pieux battus, coulés sur place à base élargie de diamètre de tube de 0,60 m (système FRANKI) FRANKI-GEOTECHNICS B

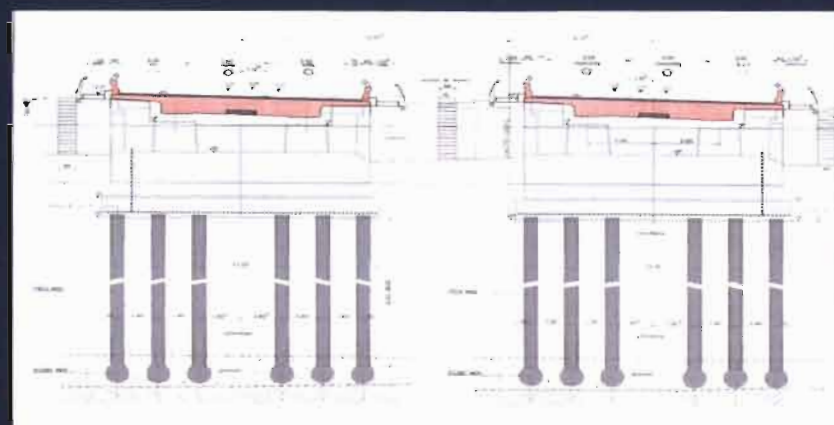
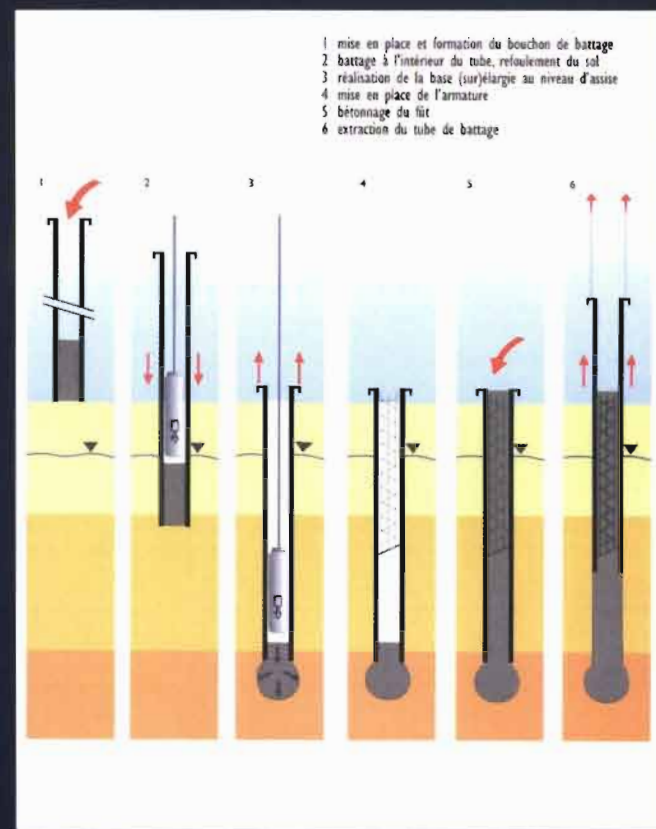
Longueur maximale: 12 m

Longueur totale pieux: env 15.000 m

Béton pour pieux: 6.350 m<sup>3</sup>

Armatures pour pieux: 275.000 kg

Contrôles pieux: auscultation dynamique - essais de charge à 400 tonnes



culée



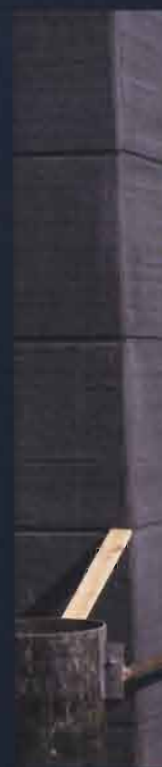
# viaduc lorentzweiler

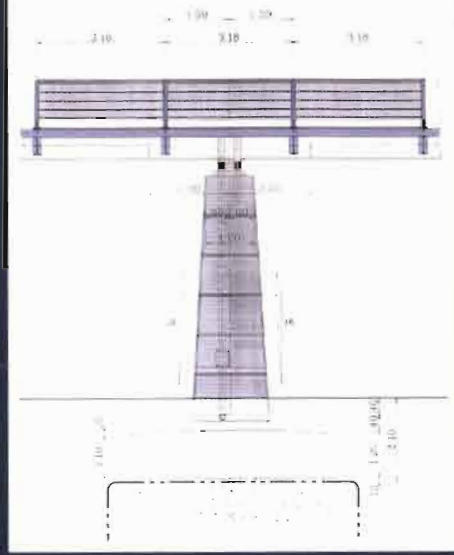
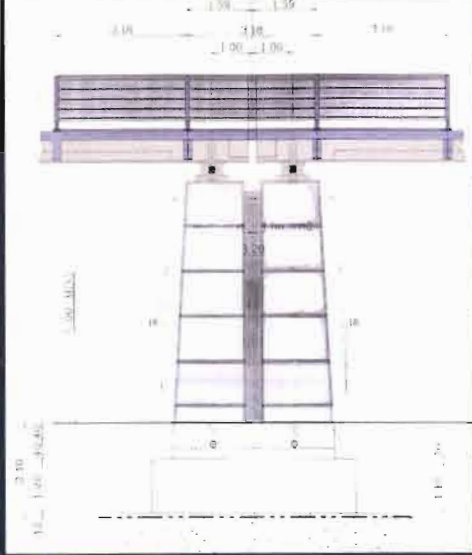
pires

pires

les piles ont une hauteur de 5,0 à 8,0 m

chaque ligne d'appui est composée de 2 piles en béton gris teinté, reposant sur une semelle unique

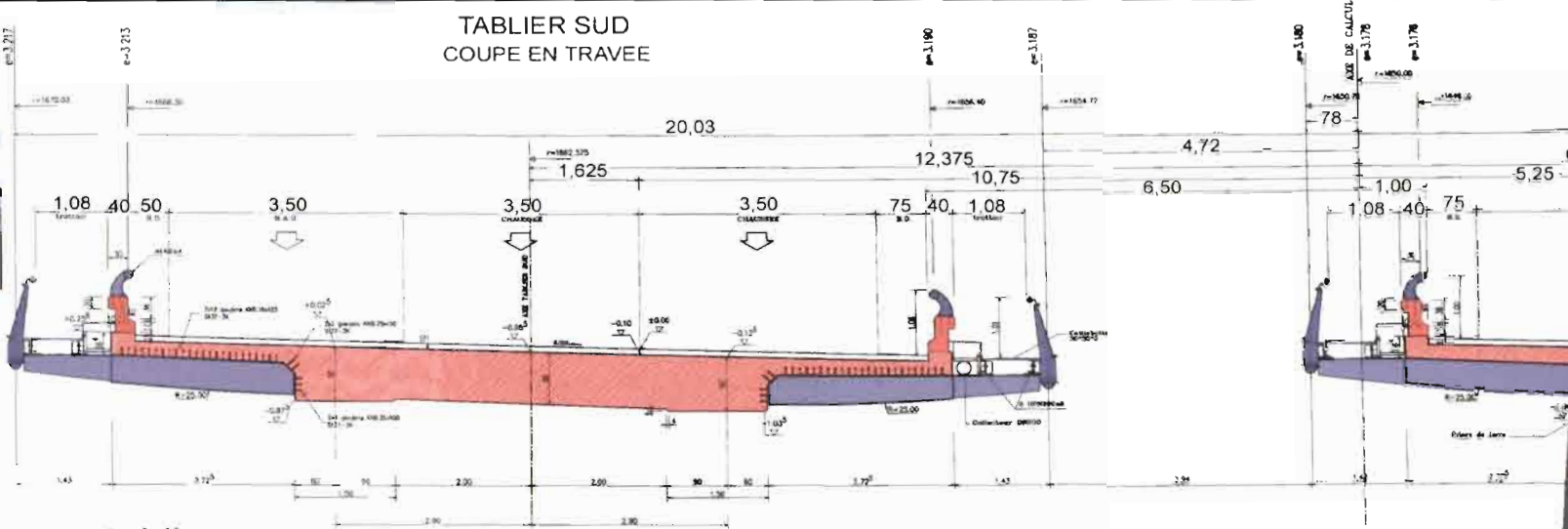




$h =$   
5,0-8,0 m



# viaduc Lorentzweiler



coupe tabliers



## STRUCTURE

### Tabliers:

Dalle précontrainte coulée sur place. 3 familles de câbles de précontrainte à 12 (éventuellement 13) torons de 139 mm<sup>2</sup> (év. torons supérieurs à 150 mm<sup>2</sup>). Effort de précontrainte par câble = 255 tonnes lors de la mise en tension. Epaisseur dalle constante (90 cm). Corps de dalle d'une largeur de 7,0 m. Encorbellements en béton d'une largeur de 2,725 m. Trottoirs latéraux en charpente métallique.

La qualité du béton des tabliers est un B45, l'acier de précontrainte est de qualité 1.860 (1.860 N/mm<sup>2</sup> à la rupture). Le ferrailage est constitué d'acier BSt 500. L'acier de la charpente métallique est un S355 (correspond au ST52).

Le goujonnage se fait par 32 goujons de 125 mm de longueur par pièce.

Béton B45:	13.500 m <sup>3</sup>
Acier BSt 500 S :	4.600.000 kg
Acier de précontrainte:	500.000 kg
Nombre d'ancrages 13C15:	1.104 pcs

### Appuis:

Par ligne d'appui, 2 appareils d'appui en néoprène fretté sous chaque tablier (en tout 152 appareils d'appui)

L'appui fixe se trouve sur 3 axes consécutifs

Joints de transition

Joints du type accordéon d'une capacité de dilatation

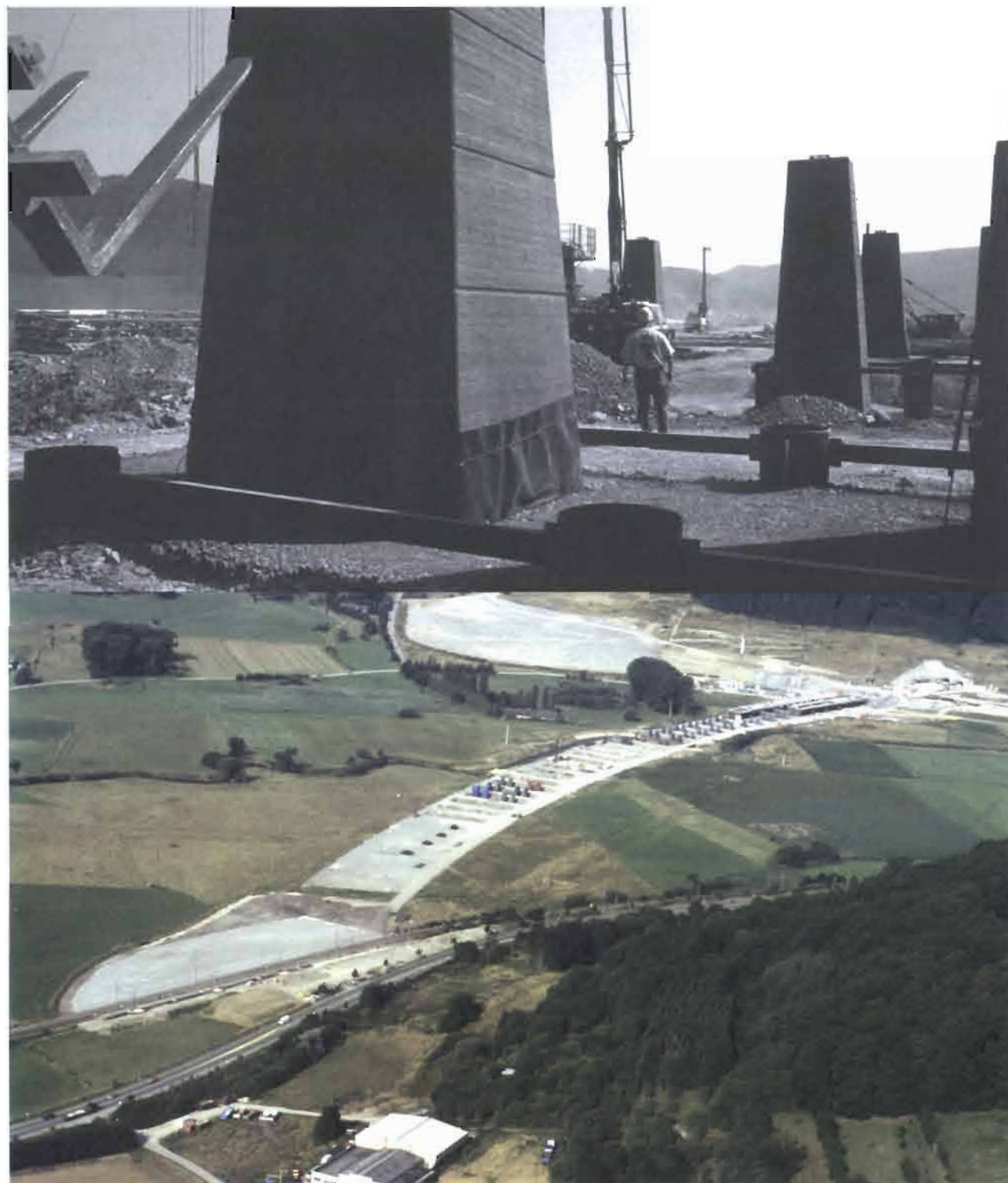
### Superstructure:

Etanchéité en polyuréthane projeté, sur imprégnation époxy, protection par asphalté coulé









Longueur viaduc  
Nombre travées

890 m  
40

Partie rive droite: 14 travées à 22,25m = 311,5 m  
Partie centrale: 12 travées à 22,50m = 267 m  
Partie rive gauche: 14 travées à 22,25m = 311,5m

Largeur d'un tablier  
Largeur totale  
Hauteur pile

15,31 m  
34,36 m (15,31 - 3,74 - 15,31 (tablier NORD - vide central - tablier SUD))  
5,0 à 8,0 m.

Chaque pile est composée de 2 fûts en béton gris teinté, reposant sur une semelle unique.

Culées massives constituées d'un chevêtre reposant sur un massif béton.

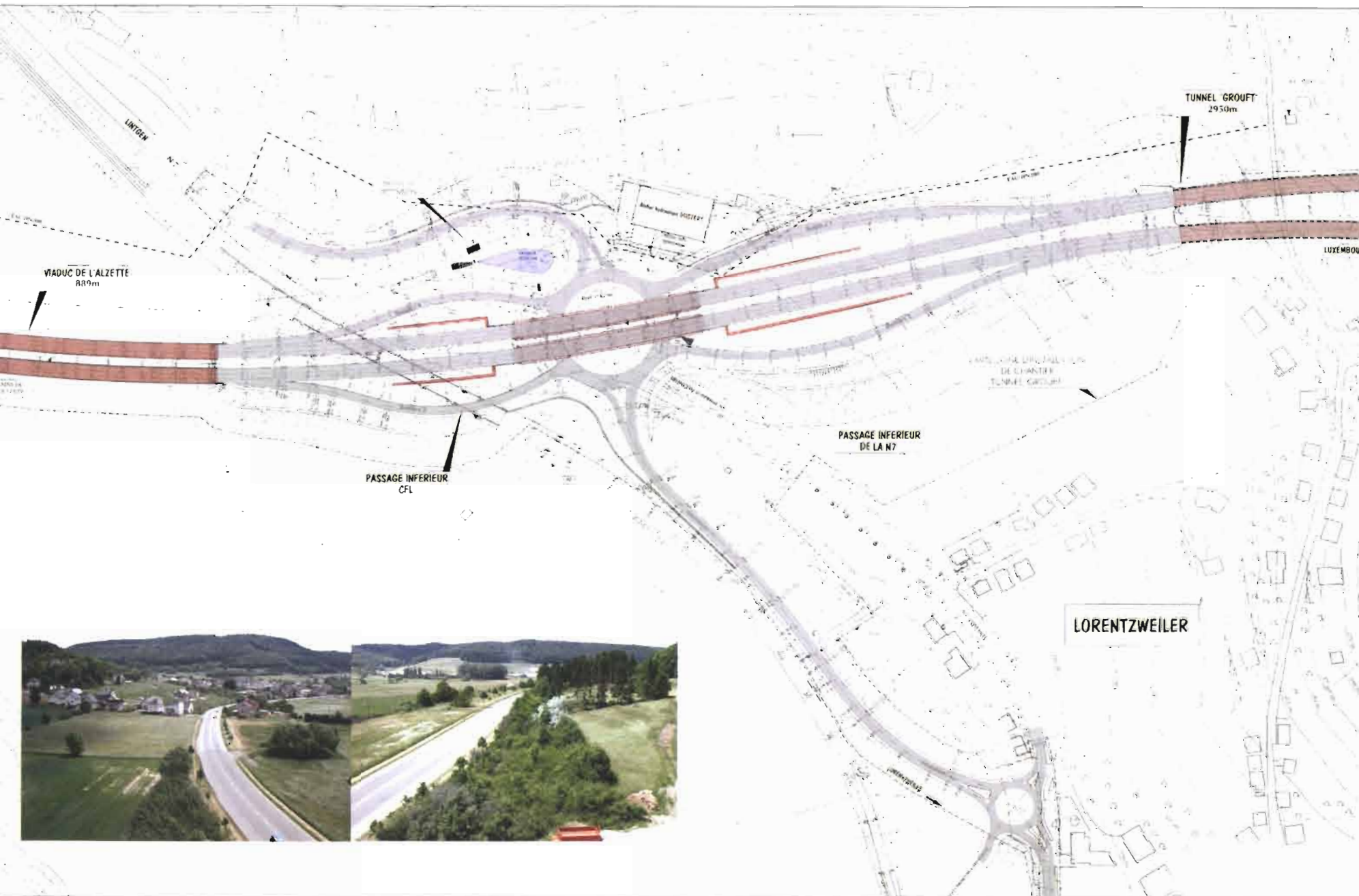
Culées  
Béton B35 :  
Coffrage soigné :

~5.500 m<sup>3</sup> pour piles et culées  
~9.500 m<sup>2</sup> de parement vu pour piles et culées



# l'échangeur lorentzweiler

L'échangeur de Lorentzweiler est situé en rive droite de l'Alzette au pied du Kummersberg. Le projet est conditionné par l'intersection de l'autoroute avec la route nationale N7 et la ligne de chemin de fer Luxembourg-Mersch.



A mi-chemin entre l'échangeur de Mersch et l'échangeur de Waldhof, l'échangeur de Lorentzweiler dessert la vallée de l'Alzette (donne accès à l'autoroute aux habitants de la vallée de l'Alzette).

changeur  
de lorentzweiler

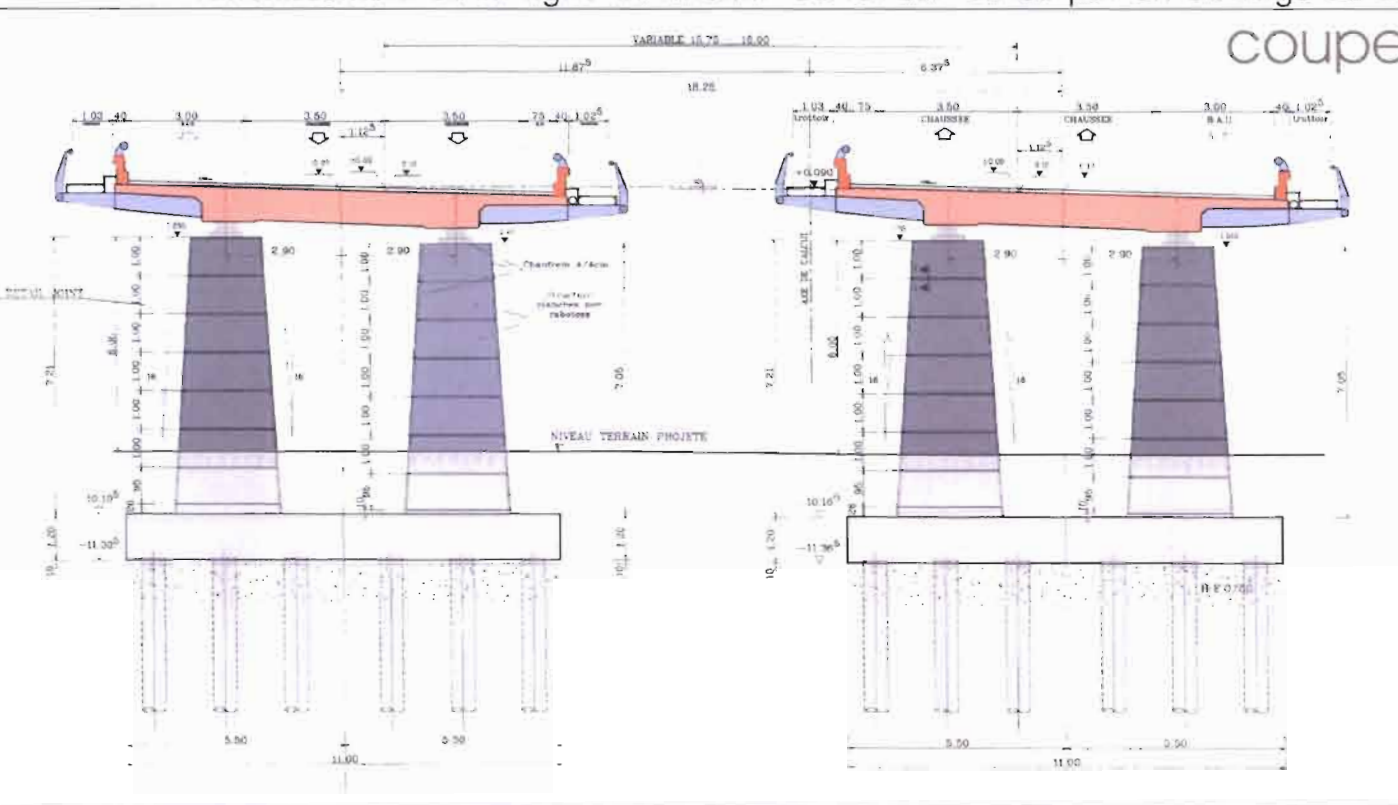
# l'échangeur lorentzweiler



PROJET

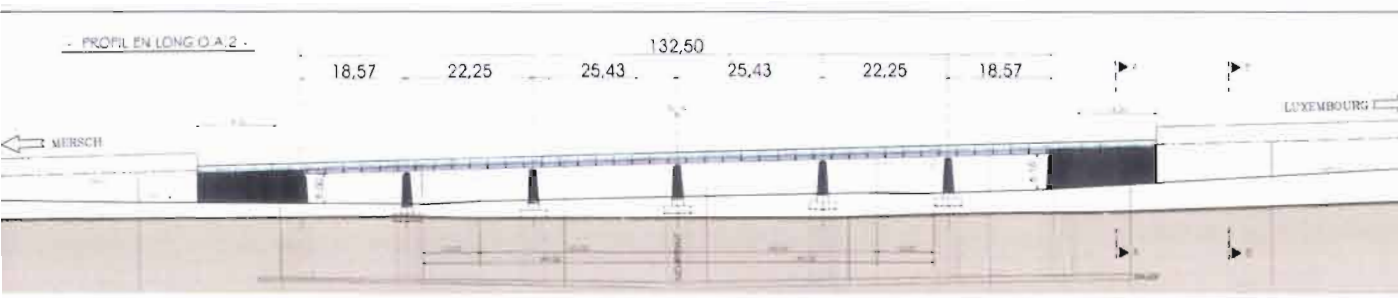
Lors de l'élaboration du projet de l'échangeur, il a fallu respecter de multiples contraintes, issues du projet général de l'autoroute (tracé en plan) et du site. La présence d'une ligne de chemin de fer, qu'on ne peut pas déplacer, impose les niveaux et profils en long de l'autoroute et aux bretelles d'accès et délimite l'espace disponible pour l'aménagement du carrefour avec la route nationale 7. Le respect de toutes ces contraintes a finalement eu pour résultat un échangeur à rampes hollandaises, dont le raccordement à la N7 est réalisé par un carrefour giratoire.

Au droit du giratoire, l'autoroute est portée par un pont similaire au viaduc de Lorentzweiler, l'O.A.2. Le franchissement de la ligne de chemin de fer est réalisé par un ouvrage de couverture d'une longueur de 180 m.



Dans les zones d'approche de l'OA2, le remblais autoroutier est tenu latéralement par des murs de soutènement, dont la disposition et le choix des matériaux accentuent le calme de l'espace intérieur du giratoire.

Toutes les eaux de l'autoroute sont récoltées dans un bassin de rétention équipé d'un déshuileur, situé entre la nouvelle branche « Nord » de la route N7 et la bretelle d'accès direction Mersch, avant d'être amenées vers l'exutoire.



Vu la présence de sols de mauvaise qualité – la couche inférieure formée par les alluvions de la vallée, une couche d'éboulis de pente, des bancs de tourbes, graviers d'une épaisseur restreinte, ... - l'OA 2 est fondé sur des pieux battus, moulés dans le sol à base élargie réalisée par compactage.

L'assise sous le remblai autoroutier, dont la hauteur atteint 9 m et plus, est réalisée par des matériaux concassés, drainants sur un géotextile lourd avec pieds d'appui pour éviter des phénomènes d'instabilité des talus.

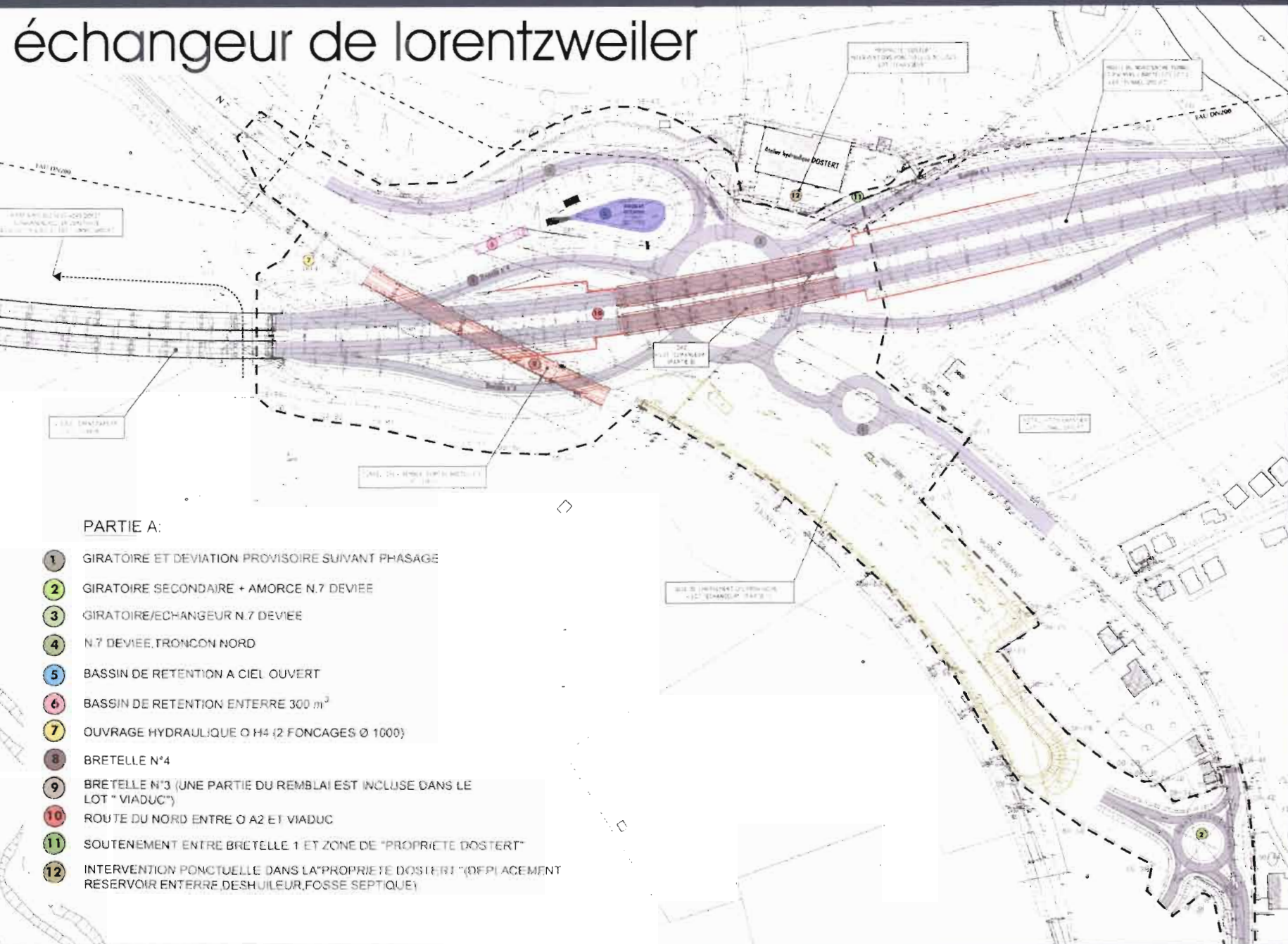
La gestion des matériaux de remblais sur chantier se fait, dans les limites du possible, avec le souci de limiter le gaspillage de matériaux nobles en favorisant des matériaux recyclés.

Afin d'éviter des passages trop complexes et des déviations de la circulation routière trop fréquentes, la route N7 sera déplacée provisoirement en dehors de l'emprise directe des travaux de construction.

Un carrefour giratoire provisoire, situé au droit de l'installation de chantier, permettra le croisement entre la circulation normale et celle du chantier de l'autoroute. Le trafic de la N7 basculera en fin de chantier sur le carrefour giratoire principal, permettant ainsi la poursuite du remblai situé entre la culée Est et le tunnel Grouff.

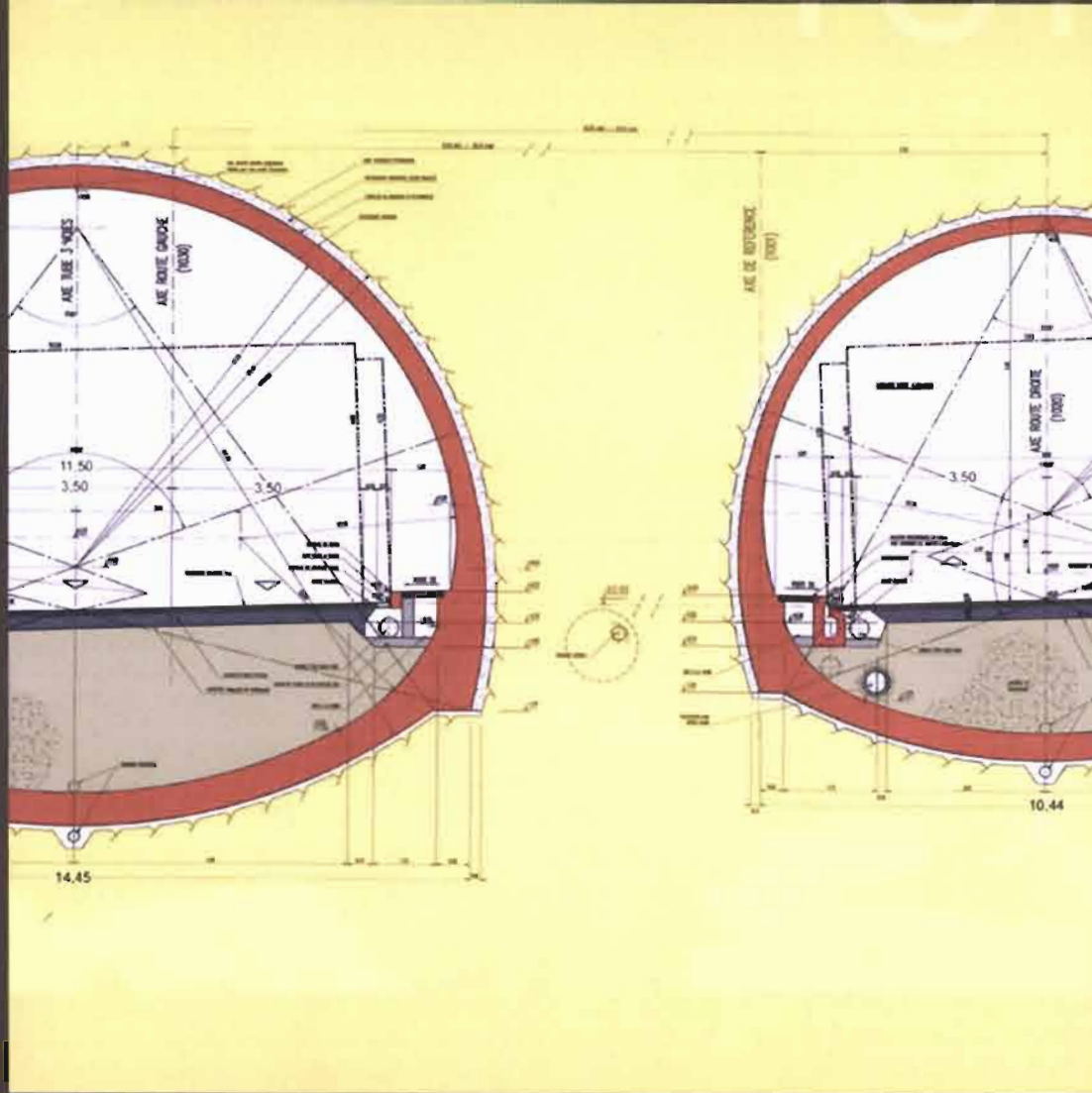
Après la réalisation de l'ouvrage OA2 et du remblai Est, l'accès à la décharge Schwunnendall à partir du chantier du tunnel Grouff sera assuré en dehors de la circulation routière

# échangeur de lorentzweiler



**PARTIE A:**

- 1 GIRATOIRE ET DEVIATION PROVISOIRE SUIVANT PHASAGE
- 2 GIRATOIRE SECONDAIRE + AMORCE N.7 DEVIEE
- 3 GIRATOIRE/ECHANGEUR N.7 DEVIEE
- 4 N.7 DEVIEE, TRONCON NORD
- 5 BASSIN DE RETENTION A CIEL OUVERT
- 6 BASSIN DE RETENTION ENTERRE 300 m<sup>3</sup>
- 7 OUVRAGE HYDRAULIQUE Ø H4 (2 FONCAGES Ø 1000)
- 8 BRETELLE N°4
- 9 BRETELLE N°3 (UNE PARTIE DU REMBLAI EST INCLUSE DANS LE LOT "VIADUC")
- 10 ROUTE DU NORD ENTRE O A2 ET VIADUC
- 11 SOUTÈNEMENT ENTRE BRETELLE 1 ET ZONE DE "PROPRIETE DOSTERT"
- 12 INTERVENTION PONCTUELLE DANS LA "PROPRIETE DOSTERT" (DEPLACEMENT RESERVOIR ENTERRE, DESHUILEUR, FOSSE SEPTIQUE)



tunnel  
grouff



longueur tunnel 2.966m

pente maximale: 5%

galon 10

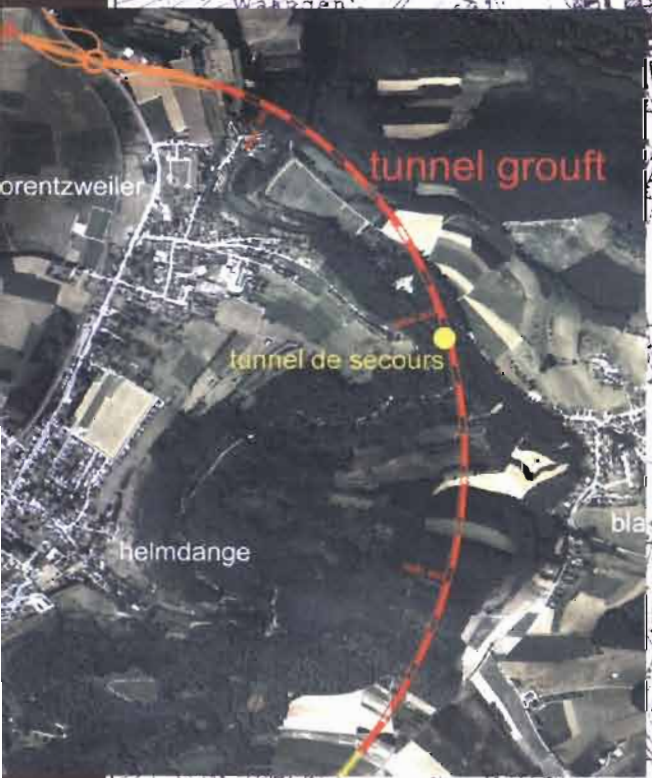
1 tube à 2 voies 1 tube à 3 voies

largeur maximale du tube: 13,50 m

largeur du tube à 2 voies: 10 m

tunnel  
grouft  
grouft

# plan de situation

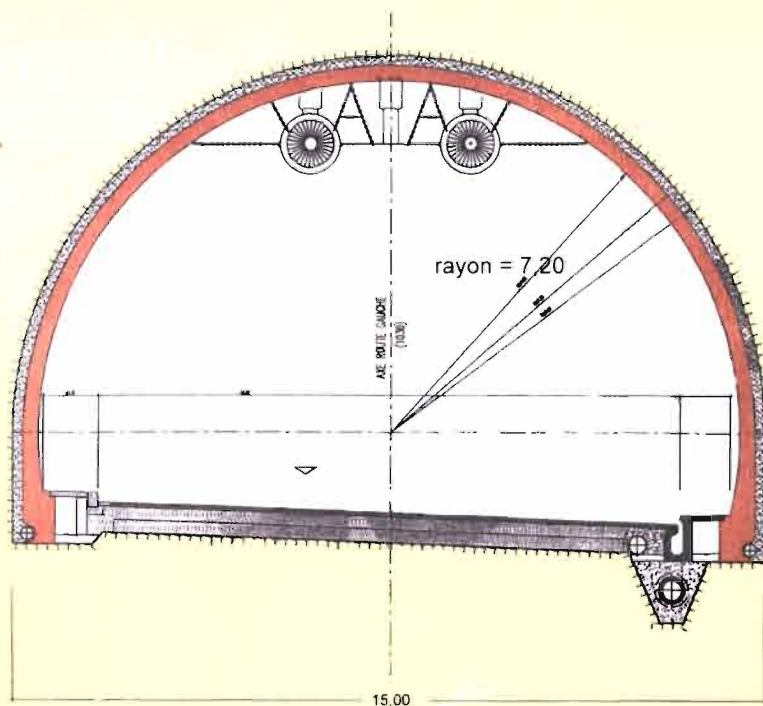


## Caractéristiques et volumes principaux du tunnel:

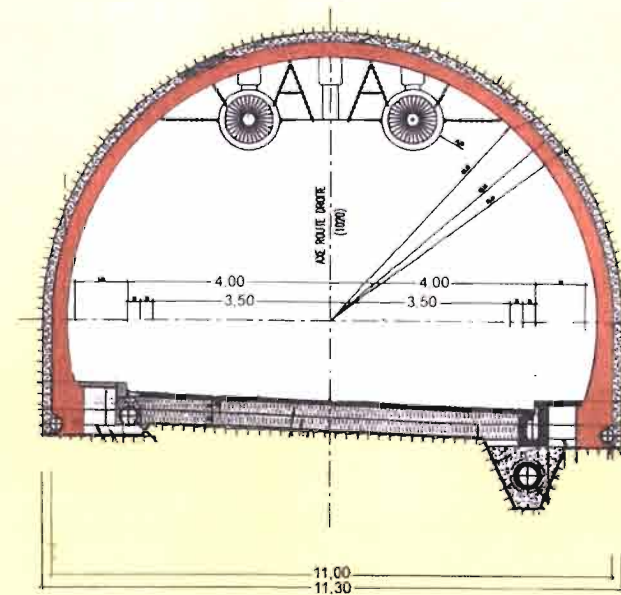
- Longueur d'excavation:	2 x 2.966 m
- Largeur de la chaussée:	7 à 10,50 m
- Largeur utile des tunnels:	10 à 13,50 m
- Pente longitudinale:	max. 4,63 %
- Profil-type d'excavation: pour la section en fer à cheval	80,10 à 117,95 m <sup>2</sup>
pour la section en contrevoute	102,20 à 170,00 m <sup>2</sup>
- Volume total d'excavation (non foisonné et sans hors-profils):	680.000 m <sup>3</sup>
- Volume du béton de revêtement (avec béton des hors-profils estimés):	115.000 m <sup>3</sup>
- Volume du béton projeté de l'anneau extérieur:	45.000 m <sup>3</sup>
- Etanchéité des tunnels:	200.000 m <sup>2</sup>

## coupe

TUBE DE MERSCH A LUXEMBOURG



TUBE DE LUXEMBOURG A MERSCH



# tunnel grouff

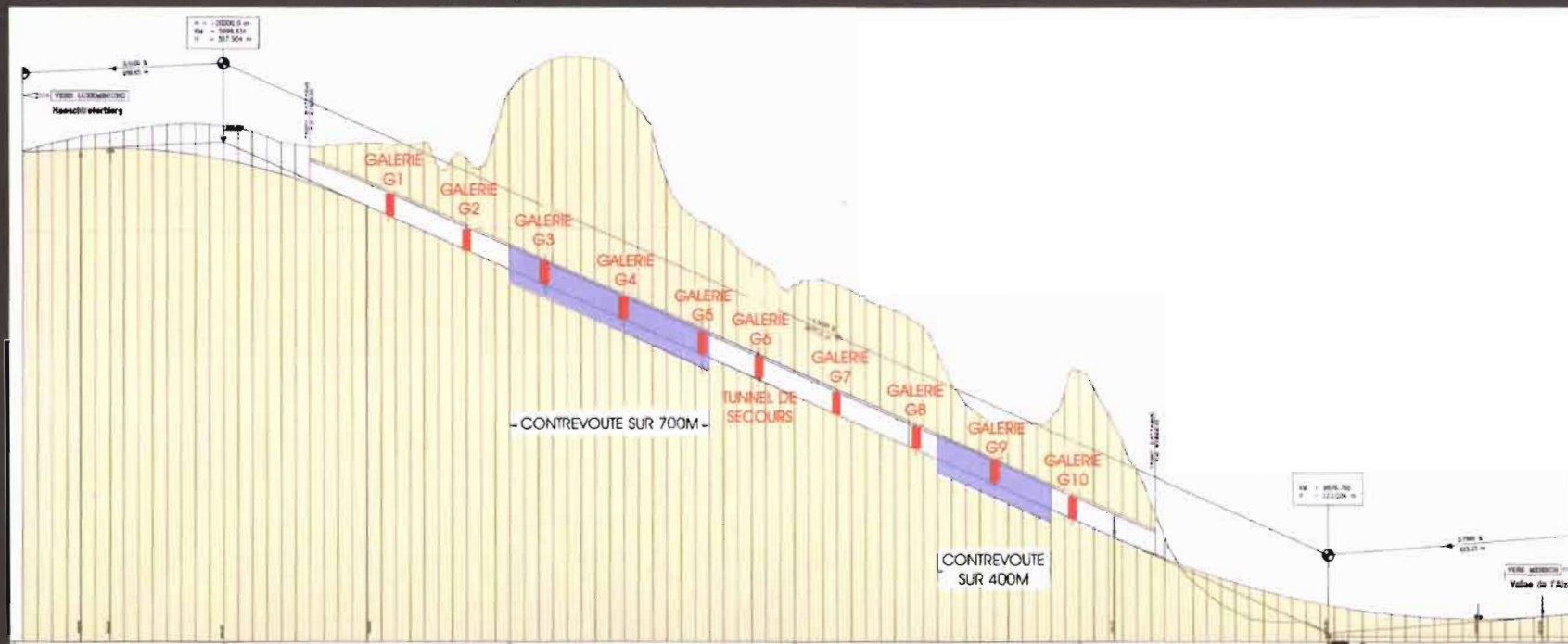
Le 'Tunnel Grouff' est composé de deux tubes pratiquement parallèles, dont chacun a une longueur de 2.96 m en souterrain (PK 6300 au PK 9266). Il relie le 'Plateau Haeschtreferbiërg' au sud à la 'Vallée de l'Alzette' au nord.

En élévation, le tunnel accuse une pente maximale de 4,63 % à partir du portail de la 'Vallée de l'Alzette' situés au PK 6300.

En plan, le tunnel décrit une double courbe de rayons principaux  $r=2.000$  m, resp.  $r=1.120$  m, qui s'alignent au tracé à ciel ouvert vers Luxembourg au sud et vers Mersch au nord. Le dévers max. est de 3 % dans les deux tubes.

A l'endroit des portails, l'entredistance axe-axe des deux tubes varie d'un minimum de 20,40 m pour atteindre un maximum de 41,55 m en section courante, l'écartement se faisant en éventail sur environ 700 m au sud et 800 m au nord.

La couverture en rocher sur le tunnel est variable entre un minimum de 3 à 4 m dans les zones des fronts d'attaque et un maximum de quelque 80 m.



Pratiquement sur toute sa longueur, le tunnel passe sous des forêts et des champs.

Dix galeries transversales relient les deux tubes, celles aux PK 6850, 7685, 7875 et 8700 permettent le passage aux véhicules de secours et abritent des installations électro-mécaniques. Comme la topographie du site est favorable, au PK 7875, donc en plein milieu du tunnel principal, est aménagé un tunnel secondaire donnant accès au CR 122. Ce tunnel favorise, en cas de sinistre, une intervention des plus rapides des services de secours, qui ont leur base nationale à Lintgen, donc à seulement 3 km de l'entrée de ce tunnel de secours.

Les profils-types du 'Tunnel Grouff' sont ceux d'un profil en fer à cheval, respectivement d'un profil en contrevoûte avec une surface nette de 58,50 m<sup>2</sup> en section courante pour le tube à 2 voies et de 87,40 m<sup>2</sup> pour le tube à 3 voies. La section d'excavation théorique en section courante varie, selon les classes respectives, de 80,1 m<sup>2</sup> à 118,00 m<sup>2</sup> pour le profil en fer à cheval et de 102,20 m<sup>2</sup> à 170,00 m<sup>2</sup> pour le profil en contrevoûte.

## La troisième voie, considérations de sécurité :

Problème de la sécurité du trafic dans le cas d'un tube montant à 2 voies :

Le «Tunnel Grouft» a une longueur de 2.966 m par tube et présente une pente moyenne de 4,5 % qui est adoucie par des rayons de raccordement verticaux à l'endroit des 2 portails. L'«Echangeur de Lorentzweiler» se trouve à environ 400 m du portail nord dans la «Vallée de l'Alzette». Les bretelles d'entrée et de sortie de cet échangeur évoluent avec une pente d'environ 6 %. Le prorata des poids lourds peut raisonnablement être évalué à quelque 10 % à 15 % du trafic total.

Dans ces conditions, sans précautions particulières, la fluidité du trafic n'est plus garantie. Cela affecterait inévitablement la sécurité générale dans le tunnel dans beaucoup de configurations quasi quotidiennes (heures de pointe, ralentissements causés par le trafic lourd, etc...). Des situations particulièrement dangereuses pourraient se présenter au nord, lors de l'insertion d'un véhicule dans le tunnel (un poids lourd avancera forcément très lentement sur la rampe à 6 % et constituera par là un obstacle périlleux certain).

Selon les recommandations de la société VSS (Union des professionnels Suisses de la route) des manoeuvres d'insertion à moins de 100 m du portail inférieur ne sont pas admissibles. (Il faut remarquer que la plupart des accidents en tunnel se passent effectivement à la hauteur de leurs entrées et sorties)

Or, tout en optimisant le tracé de la bretelle d'insertion, son nez physique se trouverait à ca. 130 m et son nez géométrique (le point où le tracé de la bretelle serait parallèle à l'axe de l'autoroute) à seulement quelques mètres du portail même (de l'entrée en galerie souterraine proprement dite, les ouvrages d'entrée et de sortie étant de toute façon déjà pleinement affectés par la déviation de l'axe de la bretelle). Par conséquent, le secteur d'insertion (composé par la zone d'accélération, la zone de manoeuvre et la zone d'insertion proprement dite) se trouverait dans sa totalité en souterrain.

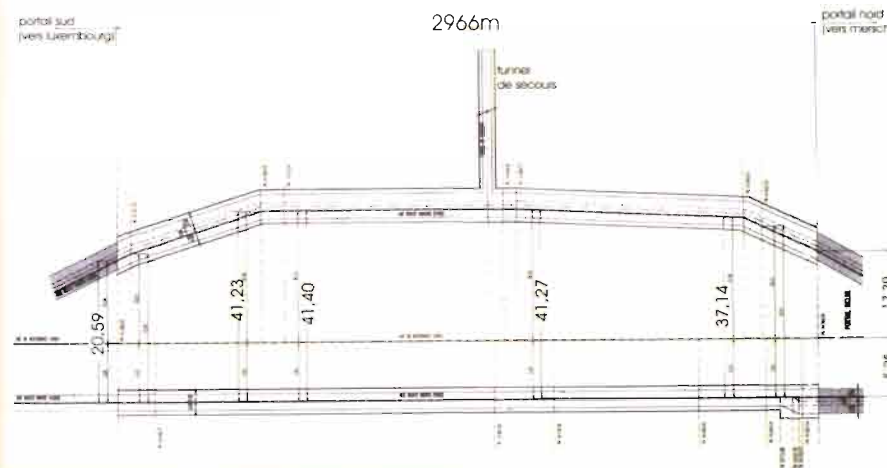
Une représentation planimétrique de la situation au droit de l'échangeur montre que la voie d'insertion complète se développerait sur une longueur de plus de 400 m en tunnel. Il faudrait donc de toute façon munir l'ouvrage d'une 3<sup>ème</sup> voie, dans le tube montant, sur cette distance au moins.

Cependant, en souterrain, des réductions de voies de roulement sont fortement déconseillées, en particulier dans le cas d'une forte pente longitudinale (cf. aussi la remarque faite plus haut sur la fréquence accrue des accidents en ces endroits). Cet état de fait a incité le Maître d'Oeuvre à analyser la possibilité de la réalisation et les conséquences intrinsèques du prolongement de cette troisième voie en direction N-S sur toute la longueur du tunnel.

Evaluation des conditions du trafic à l'endroit de l'insertion au droit de l'«Echangeur de Lorentzweiler»:

Pour une meilleure évaluation du déroulement du trafic dans les conditions difficiles, décrites ci-avant, des diagrammes de vitesses sur l'autoroute et sur la bretelle d'insertion de l'«Echangeur de Lorentzweiler», tout en se basant sur les définitions de voitures de tourisme et de poids lourds standard suisses, ont été établies.

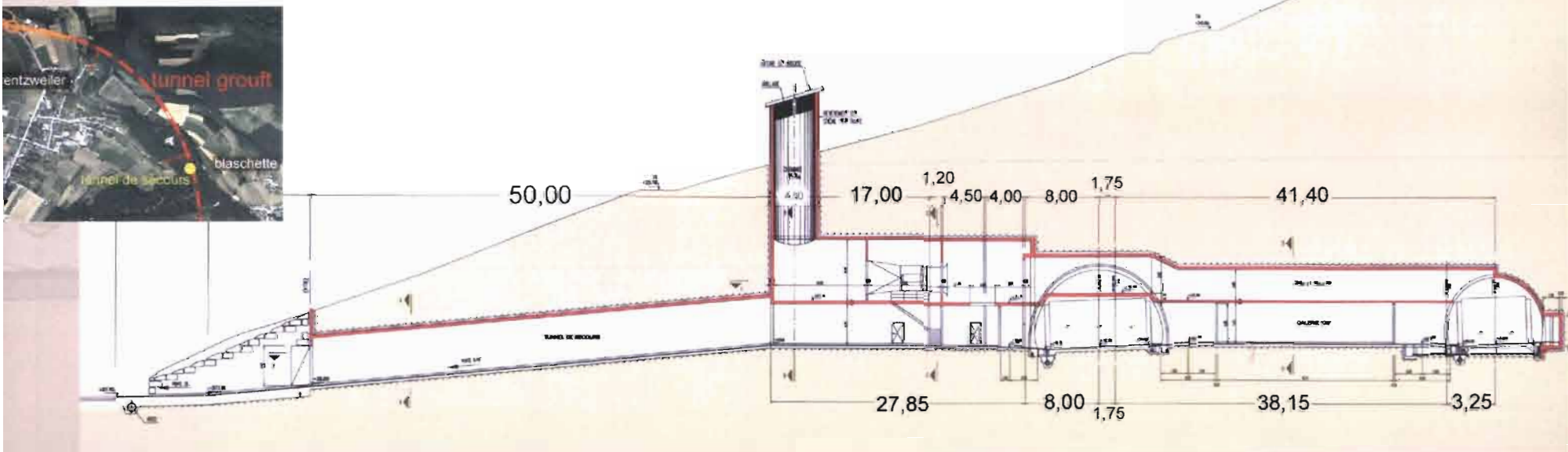
VUE EN PLAN SCHEMATIQUE



# tunnel grouff le tunnel de secours

Dans le cas d'un sinistre, la rapidité de l'intervention des services de secours est en général primordiale. Au 'Tunnel Grouff' en particulier, un concours de circonstances outre mesure favorables ont incité le Maître de l'Ouvrage - pour satisfaire cette exigence - à prévoir un ouvrage d'accès en plein milieu du tunnel principal. Ces circonstances favorables sont notamment la topographie du site permettant de réduire la longueur du conduit souterrain à quelque 100 mètres, le CR 122 longeant cet endroit précis et la proximité de la base nationale des services d'intervention à Lintgen. Grâce à ce tunnel de secours et à une galerie transversale carrossable dans son prolongement, les services d'urgence pourront accéder dans les plus brefs délais dans les deux tubes du 'Tunnel Grouff'. En plus, on a profité de cet ouvrage, pour aménager une centrale de ventilation permettant d'extraire des fumées sans devoir les cheminer jusqu'aux portails.

coupe longitudinale axe tunnel de secours et galerie g6



Le tunnel de secours, du point de vue de la sécurité, scinde donc le 'Tunnel Grouff' en deux de telle sorte qu'on aura affaire en réalité non à un ouvrage à risques accrus de 3000 m mais à deux ouvrages à moindres risques de 1500 m.

Il y a cependant lieu de souligner que sa réalisation sera pour le moins délicate: Non seulement aura-t-on affaire de par sa géométrie tridimensionnelle complexe à des concentrations réduites d'efforts très importantes, la maîtrise desquelles imposera des excavations partielles et des confortements lourds, mais, de surcroît, faudra-t-il traverser une géologie peu saine, en l'occurrence la formation du Rhétien déjà difficilement maîtrisable en section courante.



# tunnel grouft

bretelle de sortie au droit de l'«échangeur de Lorentzweiler»:

La bretelle de sortie de l'«Echangeur de Lorentzweiler» présente une pente d'environ 6%. Il serait donc nécessaire de disposer de suffisamment d'espace de ralentissement pour tout véhicule sortant, en particulier pour les poids lourds, pouvant ainsi quitter l'autoroute et aborder la bretelle descendante avec une vitesse appropriée.



Il faut également tenir compte des conditions ambiantes qui pourraient sensiblement troubler la perception à la sortie du tunnel lors du franchissement du portail. A ce moment, pour un véhicule quittant l'autoroute, il faudrait ralentir, dévier, éviter tout obstacle éventuel (clair-obscur, pluie, neige, véhicules lents, etc....) et finalement parcourir la rampe descendante à 6%. Les véhicules ne quittant pas l'autoroute s'en ressentiraient tout autant: nécessité de ralentir brusquement en forte descente, et, le cas échéant, dans des conditions ambiantes difficiles. La circulation pourrait être sensiblement ralentie. Ces situations seraient encore plus fréquentes dans le cas d'une augmentation du volume total du trafic ou de sa fraction de trafic lourd seulement. Le risque d'accidents augmenterait proportionnellement.

Par conséquent, il est indispensable d'élargir la section courante dans la partie inférieure du tube descendant, permettant une déviation plus aisée du trafic sortant sur une piste de ralentissement avant d'atteindre le portail (zone de déboîtement). Cette intervention ne modifie la largeur du tunnel descendant que sur les derniers 150 m.

la sécurité des utilisateurs dans le cas d'un tube montant à 3 voies ( principaux avantages ) :

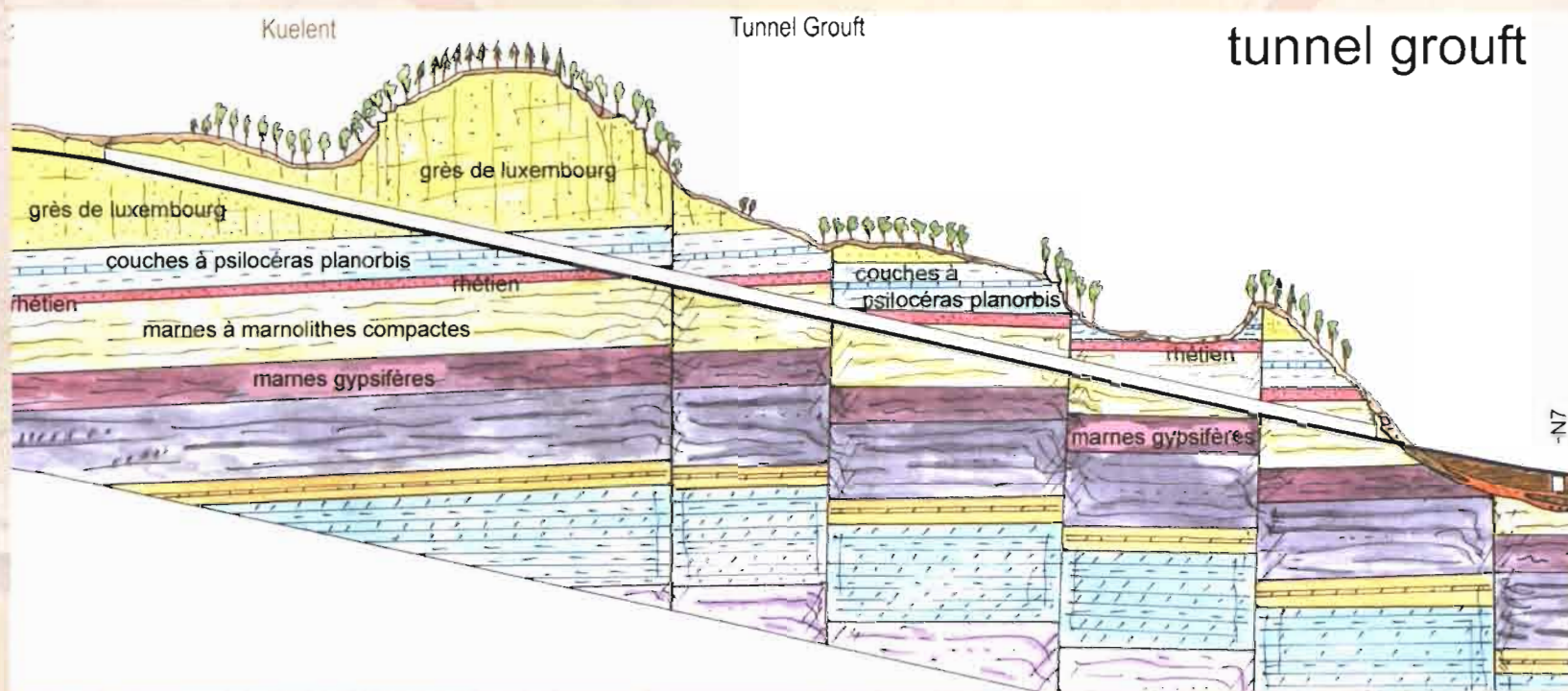
- Un tube montant avec 3 voies augmente la surface de roulement utile de plus de 50%. La densité moyenne du trafic s'en voit réduite d'un tiers. Cela correspond à une diminution des risques d'accidents du même ordre de grandeur. En outre, l'effet bénéfique des tunnels à grande section sur le bien-être et la sérénité des utilisateurs est prouvé.
- En cas d'accidents ou d'incendies majeurs, un profil à grandes dimensions devient un facteur essentiel: l'accès des équipes de secours y est beaucoup plus facile et plus rapide.
- En ce qui concerne les fumées, un tube à 3 voies est encore avantageux: il permet en effet une meilleure dispersion des fumées (comme d'ailleurs de l'air vicié en général) et offre de plus amples espaces en calotte par où les fumées peuvent être évacuées vers l'extérieur, et cela avec moins de dangers et moins de nuisances pour les piétons fuyant le sinistre.
- L'influence du profil à 3 voies sur l'installation de ventilation est négligeable: d'une part il faut moins de puissance lors de l'exploitation normale à cause d'une meilleure dilution des agents toxiques, d'autre part il faut quelques ventilateurs en plus pour atteindre la vitesse d'air requise lors d'un incendie dans le tunnel.



## géologie

Le substratum traversé par le «Tunnel Grouft» fait partie des âges jurassique (étages du Lias Inférieur et en particulier de l'Hettangien) et triasique (étages du Rhétien et du Keuper moyen):

- li2 Grès de Luxembourg
- li1 Couches à Psiloceras Planorbis
- ko1,2 Rhétien
- km3 Keuper à Marnolites Compactes



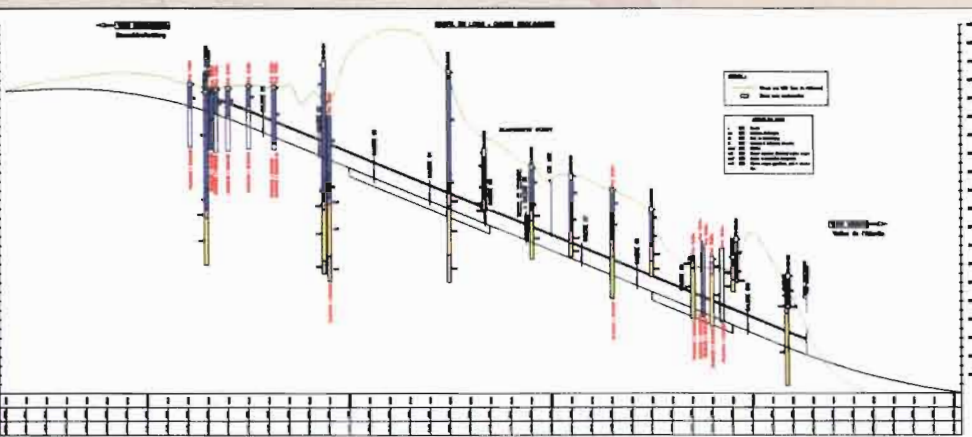
Pour une attaque descendante, ces formations seront traversées en série, du haut vers le bas, en commençant par le massif gréseux, moyennement dur, au droit du «Plateau Haeschtreferbiérg» pour finir dans les marnes dolimitiques, plutôt tendres, dans la vallée de l'Alzette, respectivement vice-versa dans le cas d'une attaque montante. En réalité, et pour garantir des délais d'exécution raisonnables, le «Tunnel Grouft» sera attaqué par les 2 côtés, sur 4 fronts, avec des avancements combinés descendant et montant.

Les reconnaissances géologiques préalables ont fait apparaître une nappe phréatique importante, exploitée, contenue dans les niveaux inférieurs de la formation du Grès de Luxembourg (li2). De nombreuses sources émergent à sa base peu perméable. La circulation hydraulique dans le sous-sol est assurée par un degré de fissuration élevé et des phénomènes karstiques le long de ces fissures.

Pendant la construction du «Tunnel Grouft», il faudra s'assurer d'une évacuation diligente de ces eaux, au vu notamment de l'altérabilité élevée des étages triasiques sous-jacents traversés dans un milieu aqueux, soit par drainage forcé, soit par un rideau d'injections, formant une cuve étanche autour des cavités.

# tunnel grouft géologie

En situation définitive, au droit de la traversée de la nappe, il faudra rendre le tunnel entièrement étanche par un profil en contrevoûte sur une longueur de ca. 700 m pour pallier tout effet réciproque entre l'aquifère et l'ouvrage. Il faudra notamment éviter de drainer d'une façon permanente la nappe le long du tunnel, afin de pouvoir restituer l'eau potable aux exploitants actuels. De même, toute pollution de l'aquifère en provenance du tunnel devra être évitée.



Même si la majorité du tunnel est creusé dans les marnes du Keuper moyen, comme au tunnel Gous-seler, en l'occurrence les marnes dolomitiques, trois autres lithotypes apparaissent ici :

Le Rhétien (ko1,2) est connu avant tout par ses effets spectaculaires : La plupart des glissements de terrain au Grand-Duché prennent effectivement naissance dans cette formation et ce avec des pentes souvent peu raides, voire douces de 10° à 20° seulement. A quoi est-ce-dû ? Les argilites ont des valeurs intrinsèques de résistances géomécaniques de pic très satisfaisantes, voire bonnes, notamment en ce qui concerne leur cohésion.

Hélas, soumises à la moindre déformation induite, ces résistances chutent brutalement pour se stabiliser à des valeurs résiduelles de moins de 10 % des résistances initiales. De surcroît, le potentiel de travail initial n'est, dans un tel cas, plus jamais rétabli. Lors de la traversée de cette formation, il faut donc agir avec diligence afin d'éviter des déformations intempestives pouvant déclencher une espèce de perpetuum mobile géomécanique plus guère contrôlable.

Une deuxième raison interdit toute déformation d'ampleur, et, partant, toute création de fissures et de vides dans ce faciès : Le Rhétien contient de la montmorillonite, argile élémentaire très sensible à l'eau dont la présence peut déclencher et entretenir un gonflement (Tonquellen) outre mesure important. Enfin, le Rhétien a quand même une propriété très positive : Sa compacité, en faisant barrière, interdit toute percolation des eaux souterraines contenues dans le grès vers les niveaux marneux sous-jacents.

La formation du Lias Inférieur (li1) est moins spectaculaire. Elle est formée d'une alternance de bancs de marnes tendres et de bancs de calcaire dur à très dur, ce qui lui confère un comportement géomécanique satisfaisant mais, en revanche, peut poser certains problèmes lors de l'exécution, notamment concernant la technique de forage.

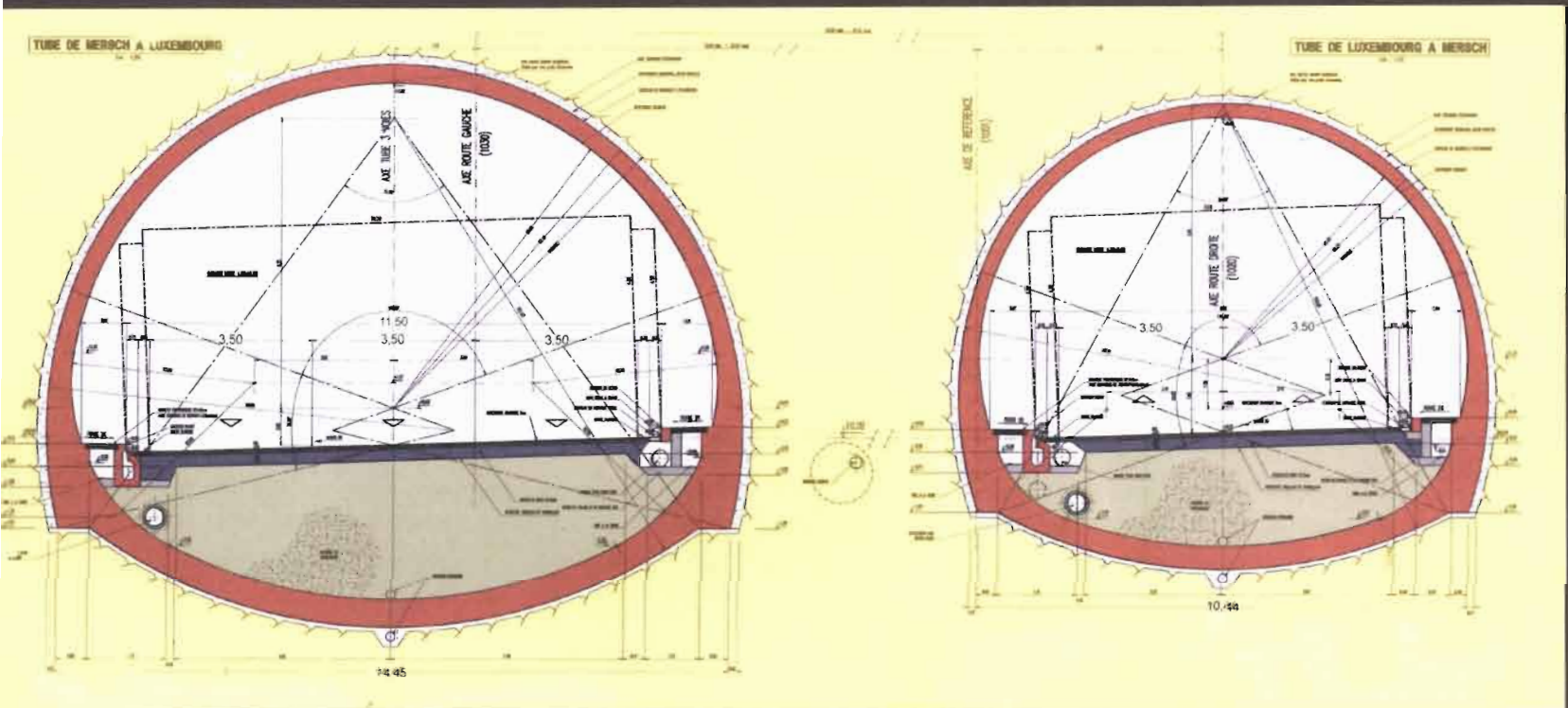
La formation du Grès de Luxembourg (li2) contient à sa base une nappe phréatique importante d'une dizaine de mètres de colonne d'eau qu'il faut maîtriser par la mise en œuvre d'une contrevoûte étanche, déjà lors de l'excavation, au plus tard 30 m après le passage du front. La nappe est définitivement mise en sécurité par des rideaux d'injections sur tout le pourtour de l'ouvrage aux extrémités du secteur concerné.

# tunnel grouft

Exécution :

l'exécution décrite pour le 'Tunnel Gousselerbiérg' est tout aussi valable pour le 'Tunnel Grouft'.

Il y a cependant lieu de soulever quelques particularités. Le tube à 3 voies avec sa section, pouvant atteindre les 170 m<sup>2</sup> en section courante avec le profil en contrevoûte, sera parmi les profils les plus importants jamais réalisés sans tunnelier dans des roches tendres.



Les difficultés à maîtriser n'augmentent pas seulement linéairement avec le volume excavé, mais aussi exponentiellement. Un des plus grands problèmes à résoudre sera la tenue de front - problème de stabilité du 4<sup>ème</sup> degré - qui dépassera localement les 10 m de haut, ce qui correspond à un immeuble à 3 étages. Il faudra par endroits le conforter en amont de l'excavation par la mise en place de boulons synthétiques en fibres de verre jusqu'à 15 m de long - boulons qui se cassent aisément lors de l'avancement sans qu'ils ne se dégradent pour ce qui est de leur longueur encore scellée dans le massif - afin d'éviter des accidents (chute libre de pierres disloquées), voire la création de fontis importants pouvant atteindre la surface.

De surcroît, l'eau, d'une part parce qu'elle altère les propriétés géomécaniques, et notamment la cohésion des marnes, d'autre part on sera localement confronté à des pressions hydrostatiques importantes - un tonneau contenant 1.000 litres de vin peut 'explorer' avec 1 litre d'eau seulement s'il est pourvu d'une chantepleure suffisamment élancée - ne facilitera pas la tâche.

Dans certaines zones, et en particulier lors de la traversée de la nappe phréatique, il faudra de suite, soit vers les 30 m en arrière du front, 'fermer' le profil par une contre-voûte, qui jouera un double rôle : elle interdira toute infiltration dans le profil, et, elle répartira les efforts existants dans le soutènement - qu'il faudra préalablement reprendre en sous-œuvre - sur toute la surface de l'excavation, palliant ainsi d'office tout phénomène de gonflement inévitable, au vu de la minéralogie du massif et du milieu acqueux traversé.

traversée du grengewald



## lot de terrassement

longueur: 2775 m

pk 3.525 - pk 6.300

déblais: 728.000 m<sup>3</sup>

## rétablissement des voies de communication

## traversée du grengewald

La route projetée se substitue au CR 125 et coupe le réseau relativement dense des chemins forestiers.

La fonction du CR 125 est rétablie au moyen d'un chemin forestier aménagé le long du projet.

Le chemin projeté part du point de jonction du CR 125, du CR 126 et du chemin forestier (ancienne voie romaine) vers Dommeldange. Il passe au-dessus du tunnel «Stafelten» (PK 3475), longe le projet côté Est, coupe le point de bifurcation de deux chemins descendant le thalweg au lieu-dit «Rängelbur» et se branche sur le chemin forestier mené au-dessus du ruisseau «Rängelbaach».

Les chemins forestiers aboutissant côté Ouest y sont reliés par un sentier traversant le passage à gibier «Rängelbur», au droit de la trémie Sud et longeant le projet côté Ouest jusqu'au CR124 descendant vers Heisdorf. Ici, un passage inférieur permet de rétablir le CR124 en direction de Blaschette.

Les chemins forestiers aménagés à ras du sol sont réalisés en concassé de grès 0/50 (matériaux locaux excédentaires) et ne dépassent pas une largeur de 3 m.

## plateau du haeschtreferbiere

Le projet en déblai se substitue localement au CR 124 et coupe le réseau existant des chemins agricoles sur le plateau.

La communication entre le CR 124 descendant vers Heisdorf et le CR 124 allant vers Blaschette est rétablie moyennant un passage inférieur au PK 4850.

Un chemin agricole est aménagé sur 300 m le long du projet côté Ouest afin de rétablir la communication des chemins au lieu-dit «Kollen».

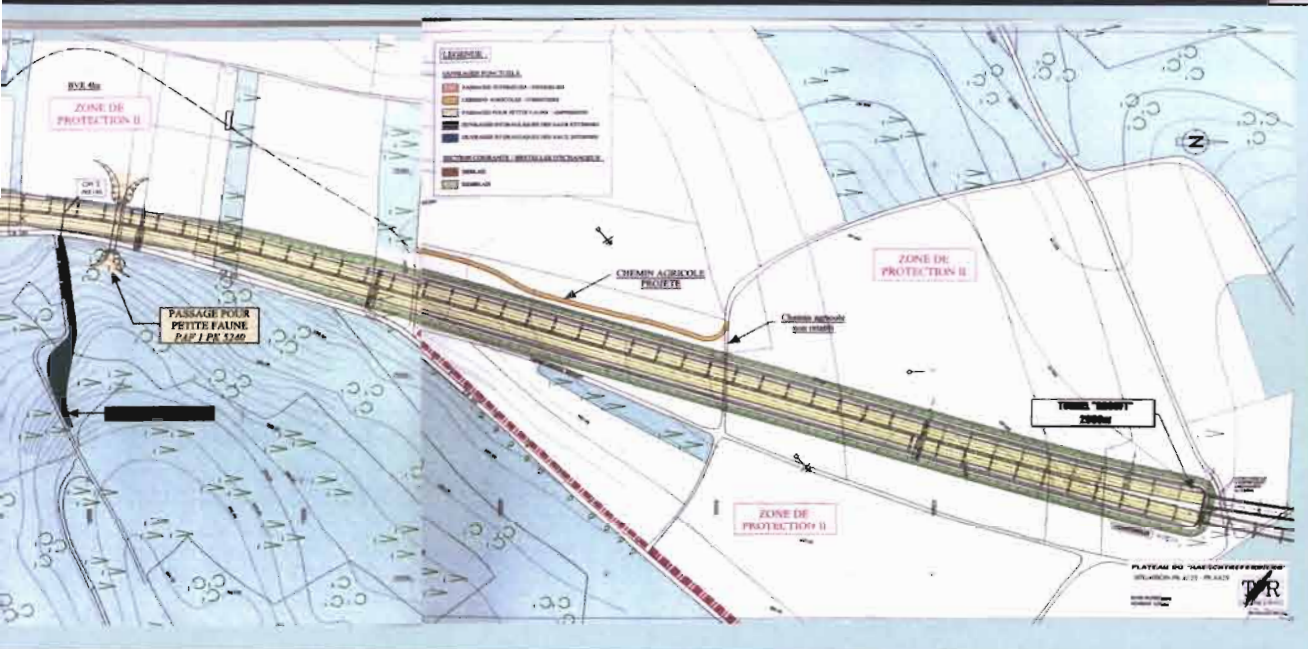


b) Les eaux BVE (Bassin versant externe) :

Les textes réglementaires du 27 août 1997 prévoient l'implantation d'ouvrages hydrauliques et l'aménagement de zones d'infiltration dans le but de rétablir l'équilibre hydrologique des bassins versant externes.

Dans ce contexte, les eaux de pluie non polluées BVE, captées le long du projet en déblai (bord gauche), s'écoulent dans un fossé vers une dépression naturelle existante (sablère au lieu-dit « Hansekreiz » en zone de protection des sources) à aménager comme zone d'infiltration.

Cette mesure permet d'alimenter directement l'aquifère par des eaux de ruissellement générées par un bassin naturel externe, ayant une surface comparable à celle du BVI qui le coupe.



a) Les eaux BVI :

Le profil en long ne présentant pas de point bas, les eaux générées par le projet sont amenées par le collecteur de la route vers le bassin de rétention « Rängelbur »

b) Les eaux BVE :

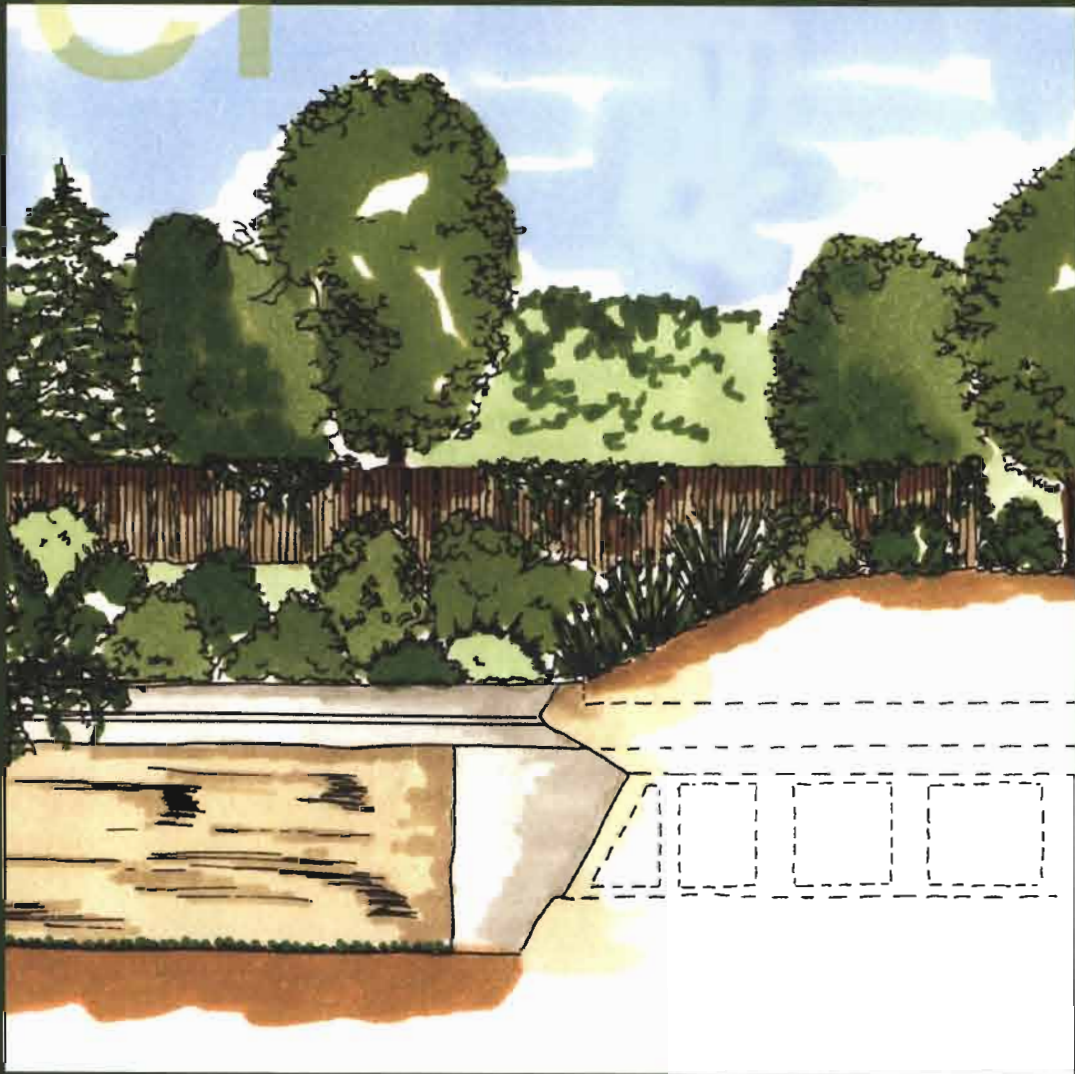
Les eaux du bassin versant externe, interceptées le long du tronçon PK 4400 – PK 5050 côté Est, traversent la route projetée par l'ouvrage hydraulique OH 1 (PK 4846). L'OH 1 aboutit dans une tranchée d'infiltration descendant le thalweg qui longe le CR 124 vers Heisdorf.

Les eaux du BVE, coupé sur le tronçon PK 5050 – PK 5525 côté Ouest, passent par l'ouvrage hydraulique OH 2 (PK 5190) et se versent dans un bassin d'infiltration aménagé le long d'un chemin forestier descendant direction Rängelbaach.

Ces mesures visent les objectifs suivants

- compensation des pertes d'infiltration, causées par les bassins versant internes (~ 8 ha) en alimentant l'aquifère par les eaux de ruissellement générées sur les bassins naturels (~ 10,5 ha) ;
- réduction de l'effet de concentration des débits BVE confluant aux ouvrages hydrauliques.

à  
rengelbour  
gibier  
passage à gibie



rengelbour  
gibier  
rengelbour



# passage à gibier rengelbourg

## passage à gibier

L'ouvrage se présente sous la forme d'un tunnel à deux tubes de 100 m de longueur, entre le PK 4299 et 4400 de la Route du Nord.

La section type, respectivement le gabarit minimal de l'autoroute, s'élève à 5,00 m avec une surhauteur de l'ordre de 20 cm pour l'installation de l'éclairage.

L'ouvrage est du type cadre ouvert.

La dalle, d'une épaisseur variant entre 1,15 m et 0,80 m, repose sur trois voiles de 60 cm, respectivement 65 cm d'épaisseur.

Les fondations présentent des semelles superficielles, appuyées sur la roche.

Tous les éléments de la structure sont en béton armé.

Le système statique présente un portique à deux travées encastré dans les semelles.

## réalisation

La réalisation de l'ouvrage se fait en tranchée ouverte, c'est à dire que le coffrage, le ferrailage et le coulage du béton sont exécutés dans une fouille classique.

Par après, un remblaiement autour et sur la dalle permettra de rétablir la végétation locale.

Le tunnel est subdivisé en tronçons de 25 m, donc tous les 25 m un joint de dilatation sera mis en oeuvre, ce qui confère à l'ouvrage une certaine flexibilité pour pouvoir se soustraire aux sollicitations et s'adapter aux mouvements, dus aux effets de tassement.

Ce compartimentage régulier permet l'automatisation du coffrage à l'entreprise.

La longueur des étapes de bétonnage des voiles, ainsi que de la dalle sera de  $25:2 = 12,5$  m ou  $25:3 = 8,33$  m, ceci en fonction du planning de l'entreprise.

## aspect architectural

La conception d'ensemble sur le plan architectural est d'intégrer, autant que possible, l'ouvrage dans la nature environnante.

Dans ce but, la roche de chaque côté de la trémie est laissée apparente, ce qui répond également au 'leitmotiv' esthétique des ouvrages de la Route du Nord (matériaux naturels, gabions, pierres naturelles, etc...).

Le parement en pierres naturelles des voiles au niveau des extrémités du tunnel sera à concevoir de la même façon.

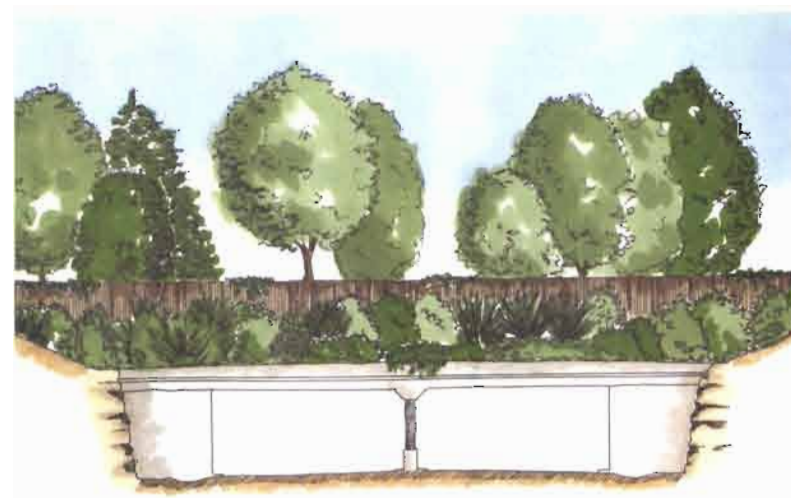
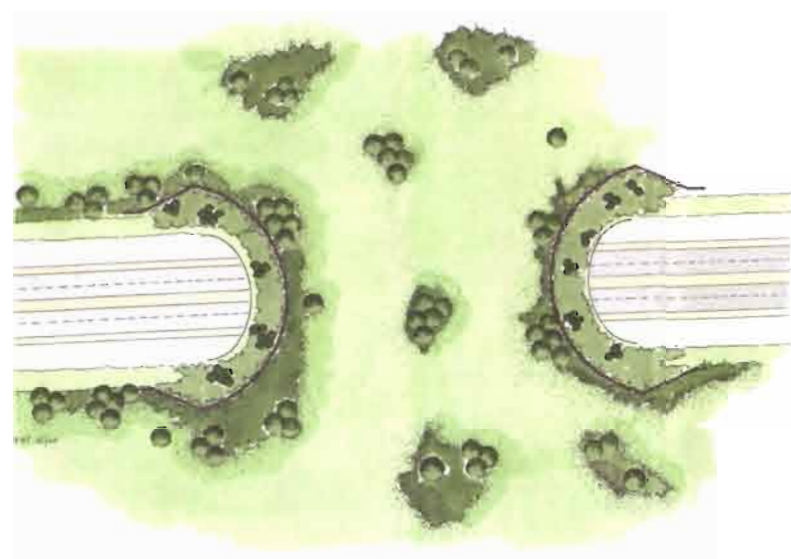
## équipements

Un tunnel d'une longueur de 100 m ne nécessite pas d'équipement particulier. Des encoches d'arrêt seront installées devant les deux trémies. Elles seront équipées de bornes d'appel d'urgence et d'hydrants, permettant l'alimentation par les chambres de surpression des tunnels Grouff et Stafelter. L'éclairage dans le tunnel sera conçu de manière à ne pas avoir d'effet négatif sur le bon fonctionnement des passages à gibier et à répondre au mieux aux exigences liées à la sécurité du trafic. La section courante ne sera pas éclairée.

## aménagement

L'aménagement du passage et de ses abords (plantations) sera principalement conçu dans un but fonctionnel.

La forme arrondie des trémies en plan répond aux exigences des passages pour la grande faune.





longueur tunnel 1.850 m

pente maximale: 0,5%

galeries de liaison: 6 galeries de liaison

2 tubes à 2 voies

couverture sur tunnel: 3 - 20 m  
variant entre

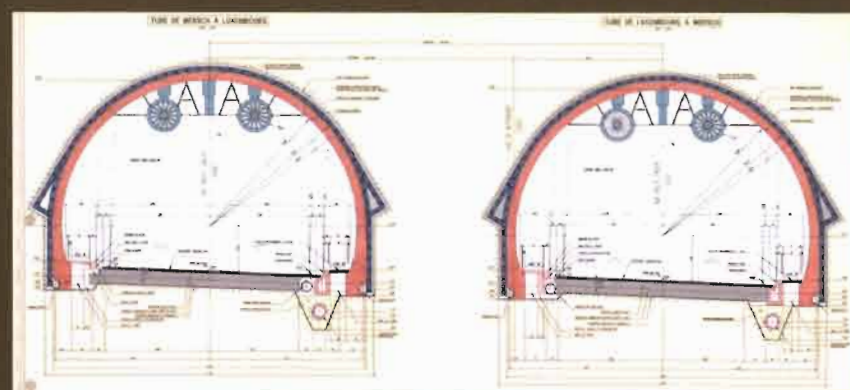
# tunnel stafelter

## Description générale :

Le 'Tunnel Staffelter' est composé de deux tubes pratiquement parallèles, dont chacun a une longueur de 1.850 m en souterrain (du PK 1675 au PK 3525). Il relie l'échangeur de la route d'Echternach E 27 / N 11 à la tranchée d'accès au lieu-dit «Maegrondt».

En élévation, le tunnel monte avec une pente maximale de 0,5 % à partir des deux portails, le point haut se situant au PK 2567,463.

En plan, le tunnel est droit. Le dévers est de 2,5 % dans les deux tubes.



A l'endroit des portails, l'entredistance axe-axe des deux tubes varie d'un minimum de 16 m pour atteindre 25 m en section courante, l'écartement se faisant en éventail sur environ 300 m.

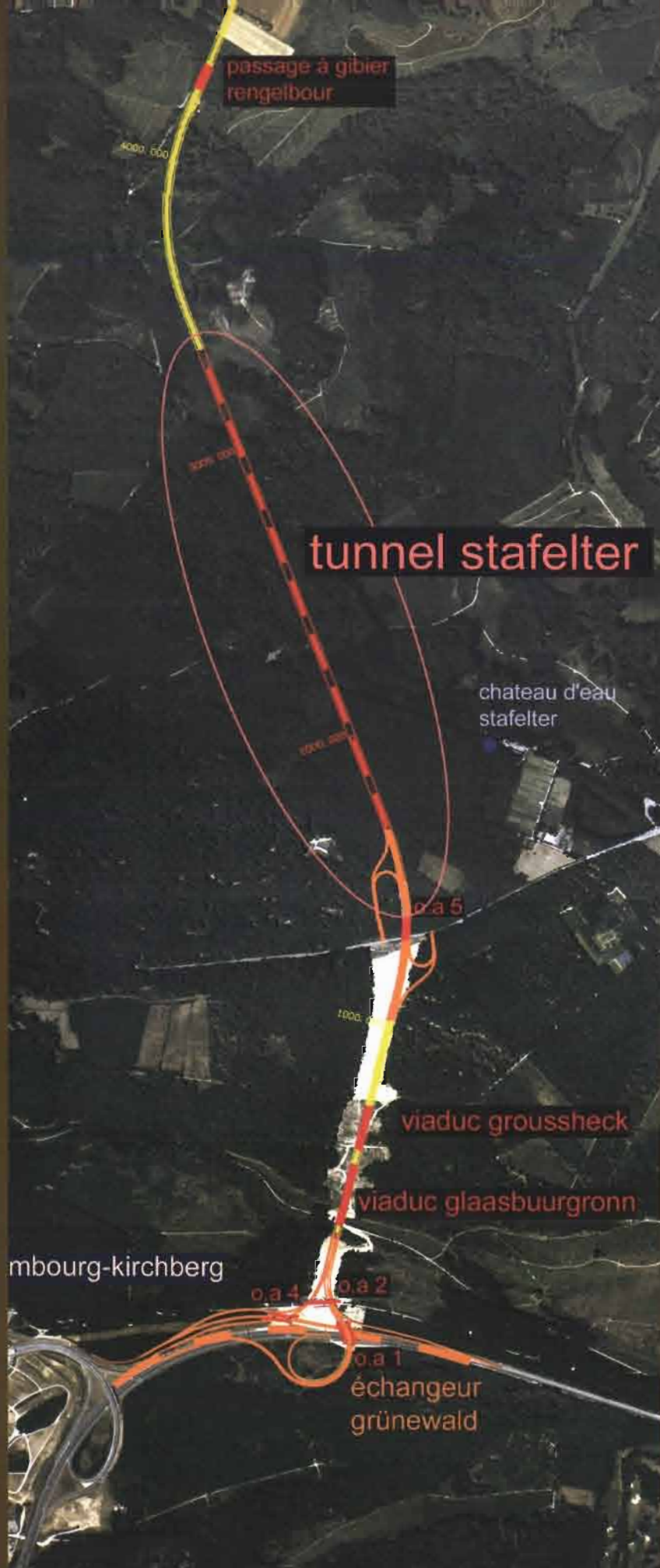
La couverture en rocher sur le tunnel est variable entre un minimum de 3 à 4 m dans les zones des fronts d'attaque et un maximum de quelque 20 m.

Pratiquement sur toute sa longueur, le tunnel passe sous des forêts et des champs.

Six galeries transversales relient les deux tubes, deux étant conçues pour faciliter le passage aux véhicules de secours et abritant des installations électromécaniques.

Le profil-type du 'Tunnel Staffelter' est celui d'un profil en fer à cheval avec une surface nette de 58,45 m<sup>2</sup> en section courante. La section d'excavation théorique en section courante varie, selon les classes respectives, de 72,39 m<sup>2</sup> à 76,16 m<sup>2</sup>.

Le 'Tunnel Staffelter' sera entièrement creusé dans le grès de Luxembourg.



tunnel

# stafelter

## Caractéristiques et volumes principaux du tunnel:

- Longueur d'excavation:	2 x 1.850 m
- Largeur de la chaussée:	7 m
- Largeur utile des tunnels:	10 m
- Pente longitudinale:	max. 0,5 %
- Profil-type d'excavation:	72,39 à 76,15 m <sup>2</sup> en section courante
- Volume total d'excavation:	300.000 m <sup>3</sup> (non foisonné et sans hors-profils)
- Volume du béton de revêtement:	42.500 m <sup>3</sup> (avec béton des hors-profils estimés)
- Volume du béton projeté de l'anneau extérieur:	22.000 m <sup>3</sup> (soutènement, avec béton d'égalisation estimé)
- Etanchéité des tunnels:	85.000 m <sup>2</sup>



château d'eau  
stafelter

# château d'eau stafelter

Ce projet appartient au concept de l'alimentation en eau des tunnels Stafelter et Grouff.

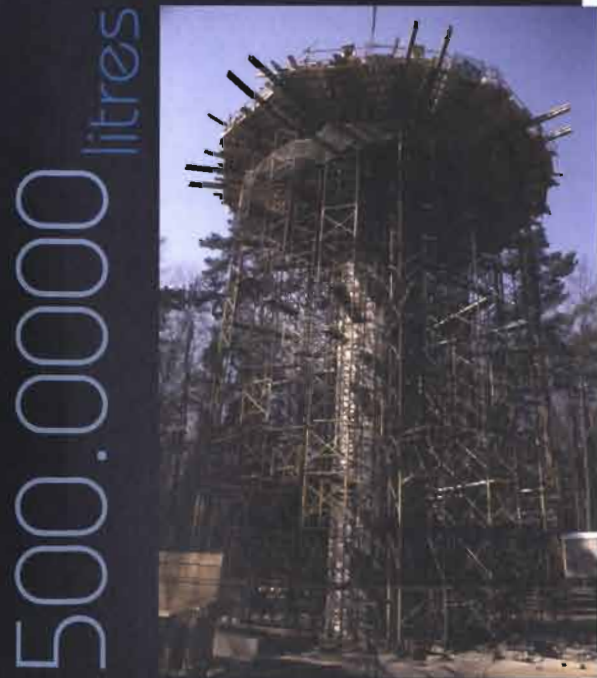
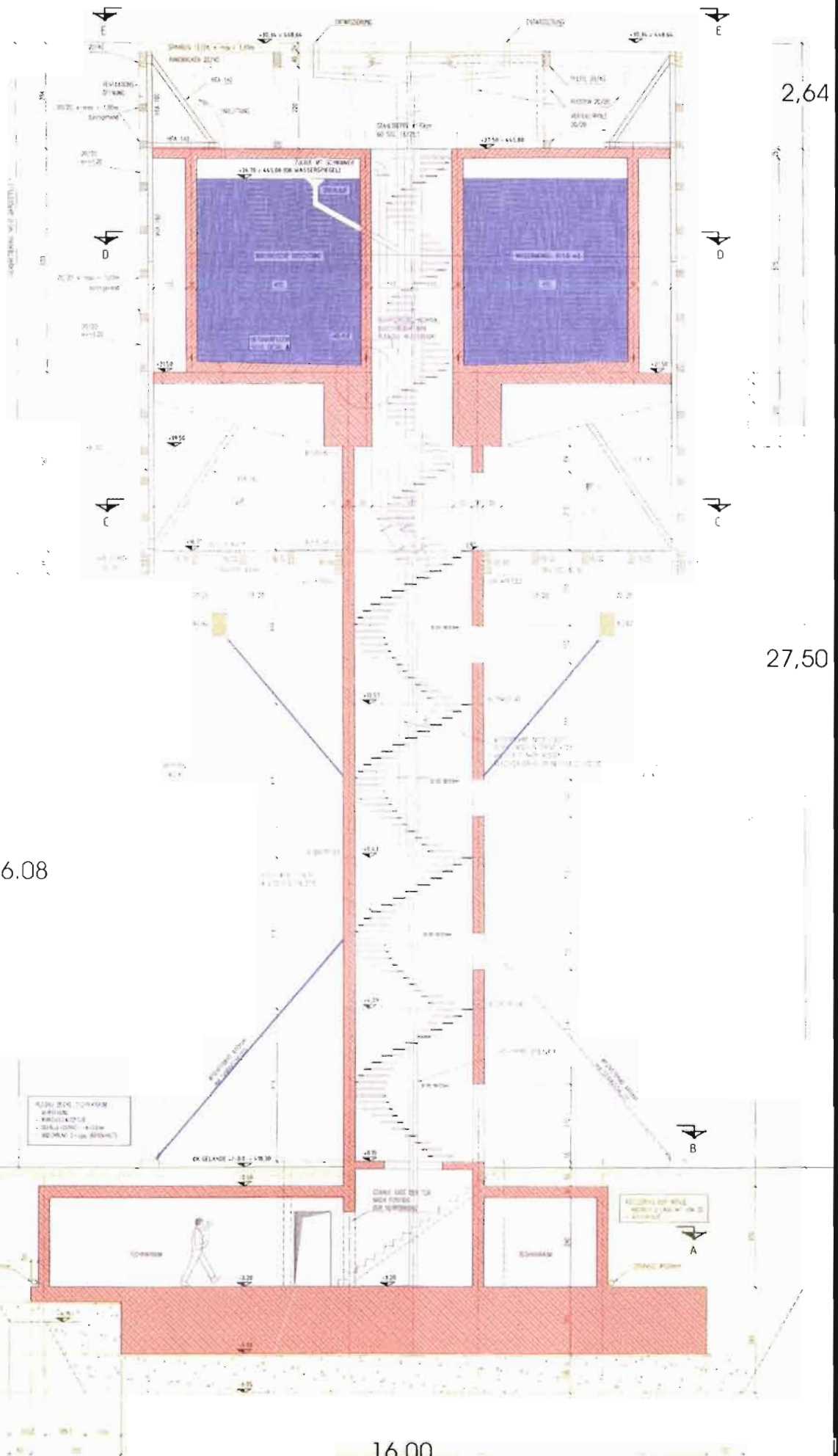
Le château d'eau est situé dans le Grönwald aux bords du CR126 entre Waldhaff et Stafelter.

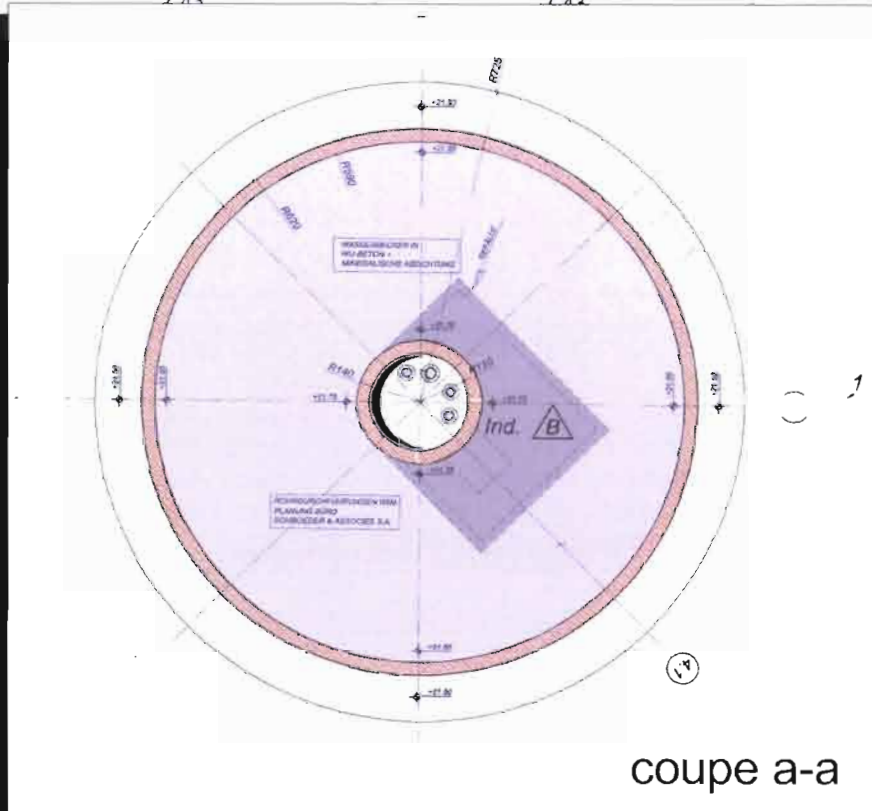
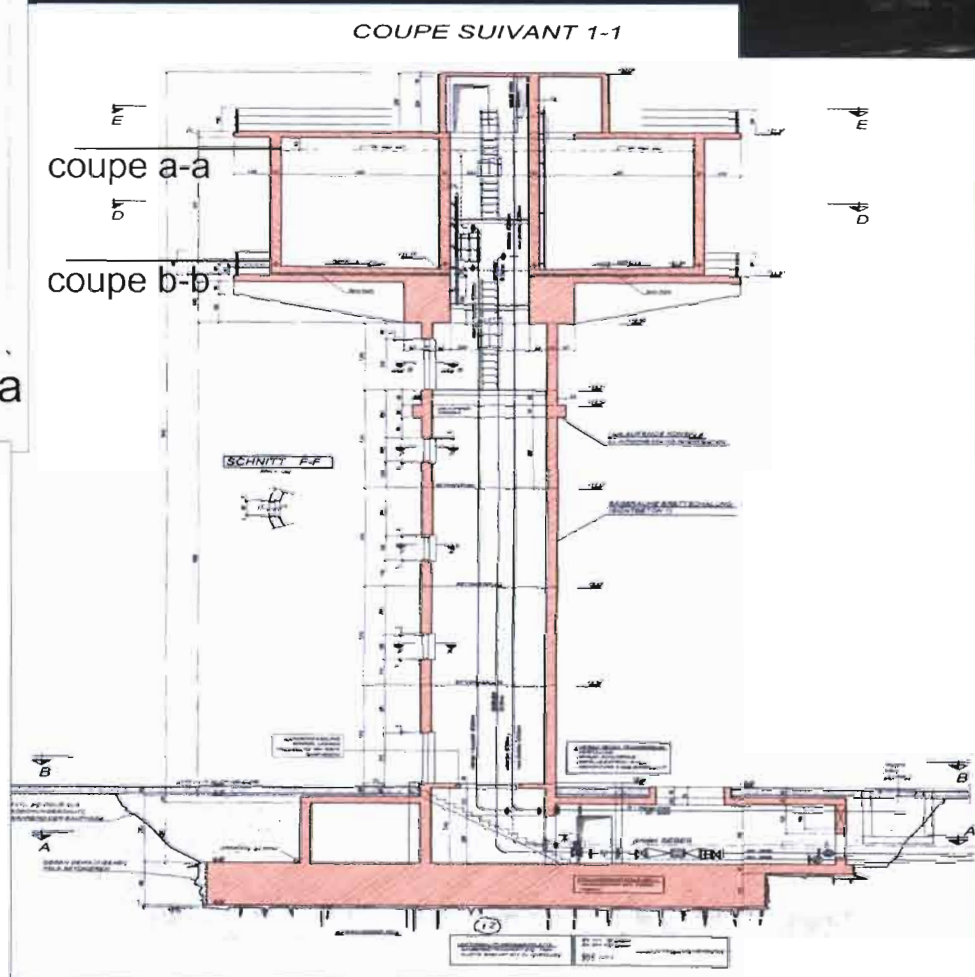
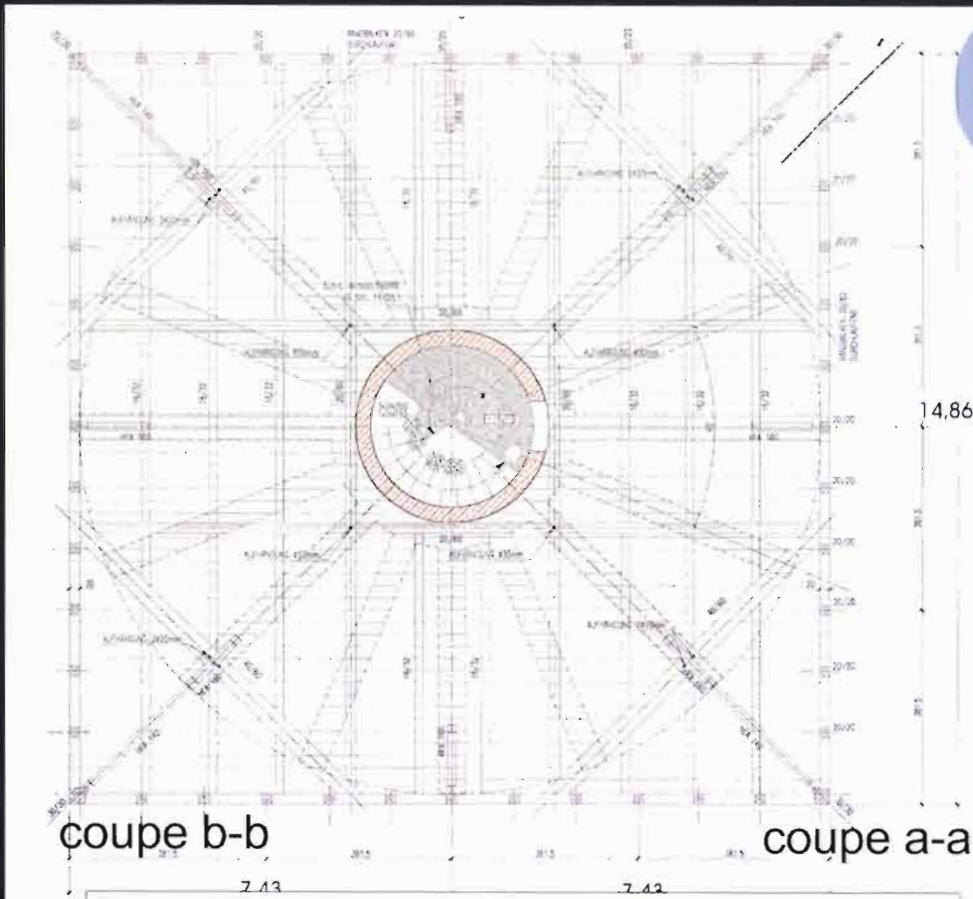
Ce site a été conditionné par le niveau d'eau requis.

Il sera réalisé complètement en béton avec un bardage en bois mélèze nordique non traité.

Le château d'eau aura finalement l'aspect d'un affût perché et pourra facilement s'intégrer dans un environnement boisé.

Ce château fait partie intégrante d'un système d'approvisionnement en eau potable des réseaux de protection contre incendie des tunnels Stafelter et Grouff de la route du Nord.





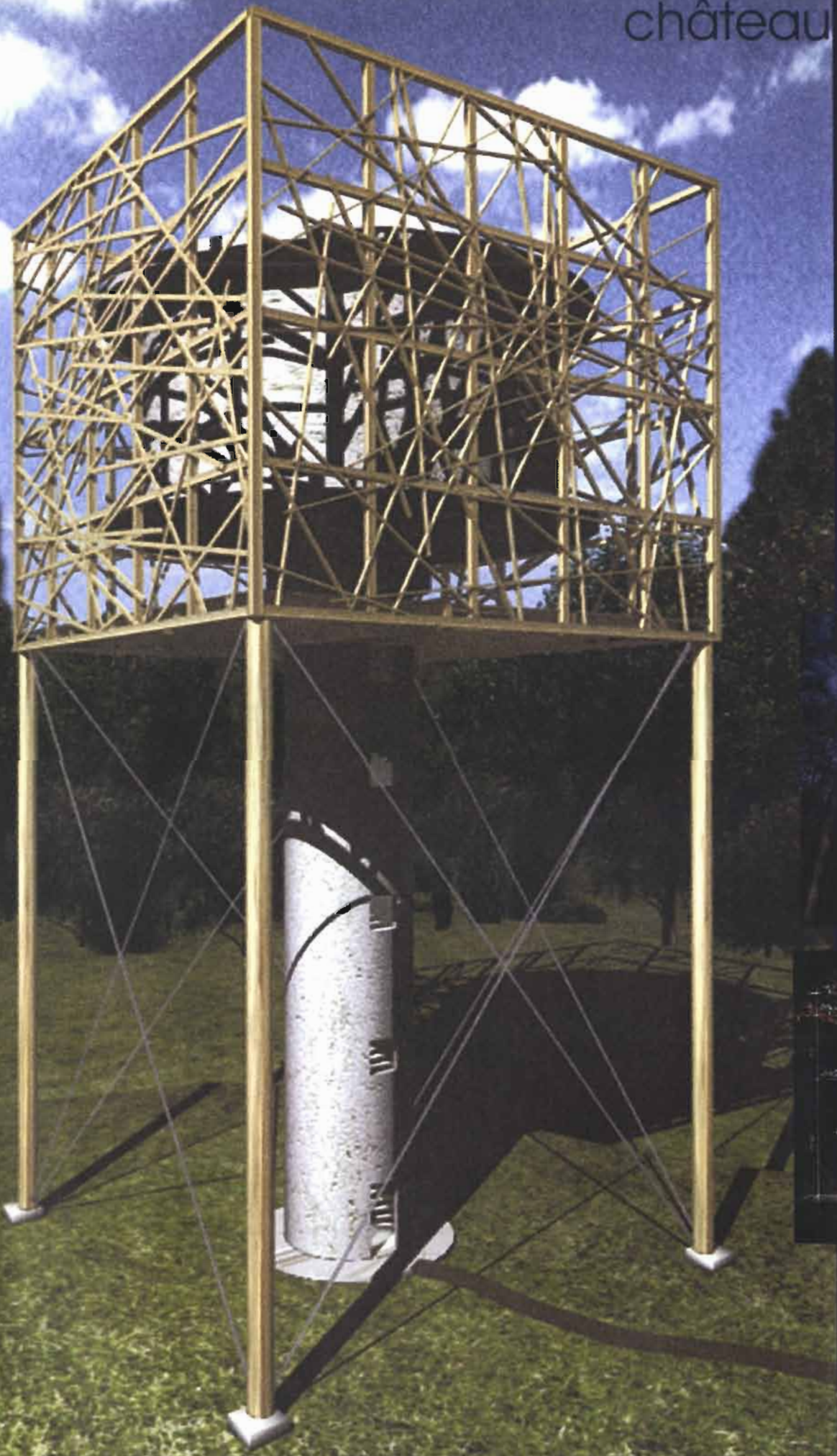


château

# stafelter

500.000

litres



élévation 4 facades

*échangeur waldbaff*



*échangeur waldbaff*



échangeur

waldhaff

route d'echternach

longueur o.a.5 : 92 m

largeur d'un tablier 14,61 m, resp 14,53 m

3 travées

o.a.5

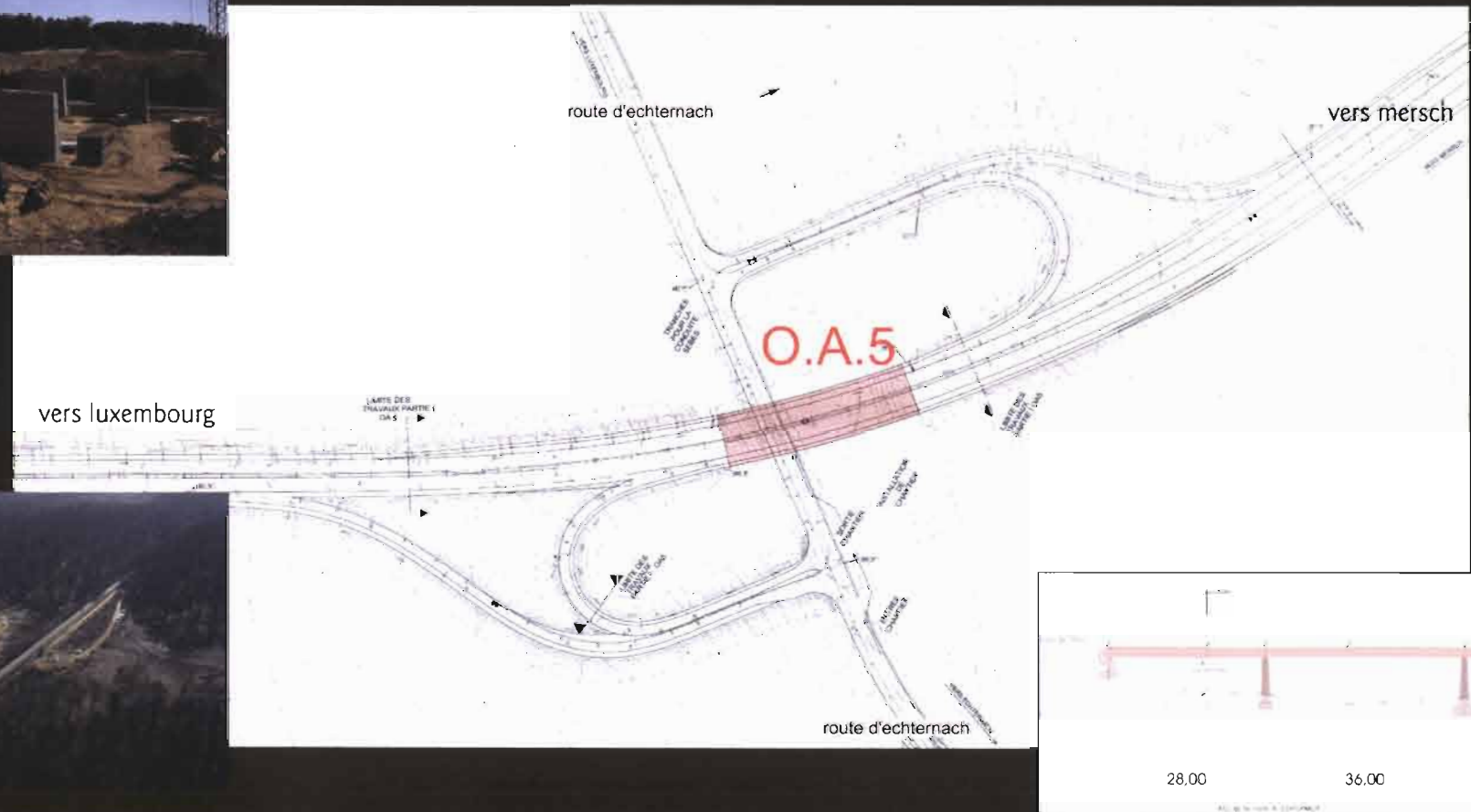
# échangeur waldhoff

L'échangeur de la route du Nord avec la route d'Echternach (Echangeur Waldhof) fait partie du tronçon Kirchberg - route d'Echternach

L'ouvrage OA5, d'une longueur de 92 m, permet le franchissement de la route d'Echternach (N11) par la route du Nord (A7).

Orienté Nord - Ouest / Sud - Est, il forme un angle d'environ  $85^\circ$  avec l'axe de la route d'Echternach.

L'ouvrage OA5 est un ouvrage en béton avec deux tabliers, précontraints longitudinalement, appuyés sur les culées enterrées et de quatre piles, dont deux sont situées à proximité de la route d'Echternach.



Les deux tabliers se composent de trois travées légèrement biaisées, dont les longueurs développées sont : 28 m + 36 m + 28 m.

La largeur totale des tabliers en béton est de 14,61 m, resp. 14,53 m.

Ils sont équipés en rives extérieures de trottoirs métalliques protégés par un garde-corps donnant une largeur supplémentaire de 1,49 m de part et d'autre de l'ouvrage OA5.

La largeur inférieure de la nervure en béton précontraint est de 11,90 m.

Chaque tablier repose sur chaque ligne d'appui par quatre appareils d'appui.

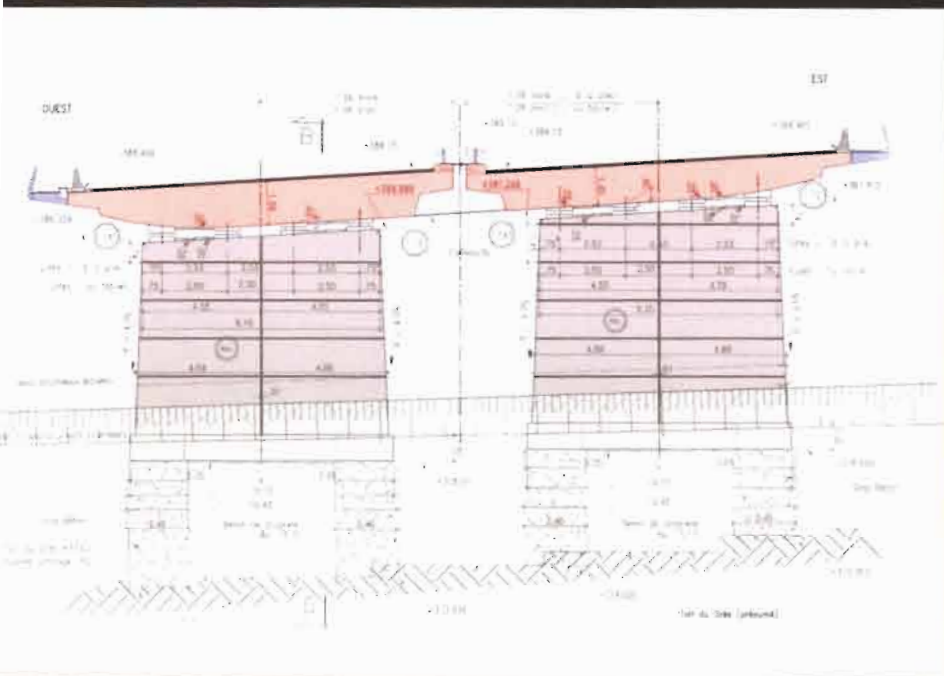
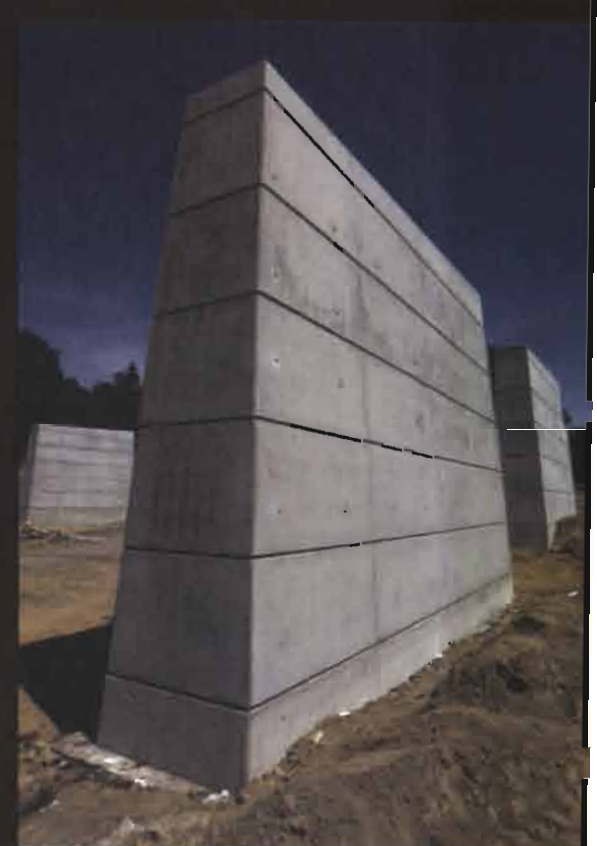
Les piles sont constituées de voiles épais dont les faces sont inclinées à 4 %.

Leur épaisseur minimale est de 1,10 m. L'arasement supérieur des piles suit le dévers des tabliers.

Le biais entre lignes d'appui et l'axe transversal des tabliers étant faible, cette inclinaison est proche de 6 %.

Chaque tablier repose sur des piles indépendantes.

Le parement architectural des piles est composé d'un parement fin avec des rainures horizontales espacées de 1,25 m. Les piles comportent également à l'axe de la projection horizontale de la tête de pile une rainure verticale sur chaque face des grands côtés.



La hauteur des piles est d'environ 7 m.

La hauteur des piles, y compris semelles, mesure près de 9 m.

Les semelles sont axées sous la base des fûts des piles.

Chaque pile est fondée sur le toit du grès par l'intermédiaire de deux gros plots de béton.

D'une hauteur de 3 à 5 m, les massifs des piles P1 font 3,40 m par 2,40, ceux des piles P2, 5,20 par 1,80 m.

Chaque culée reçoit l'ensemble des deux tabliers extérieur et intérieur à la courbe en plan.

Le chevêtre, 1 m d'épaisseur courante et 2,72 m de largeur, prend appui sur la semelle par l'intermédiaire d'un voile épais de 1,20 m, dont la face côté talus est alignée avec celle du chevêtre.

La semelle est de dimension constante sur la longueur de la culée.

Plusieurs rangées de gabions sont disposées dans les talus autour des culées.

La route d'Echternach, qui a pour le moment une largeur de 7 m, sera élargie à 11,50 m.

Le gabarit est de 5,40 m au droit de l'OA5.

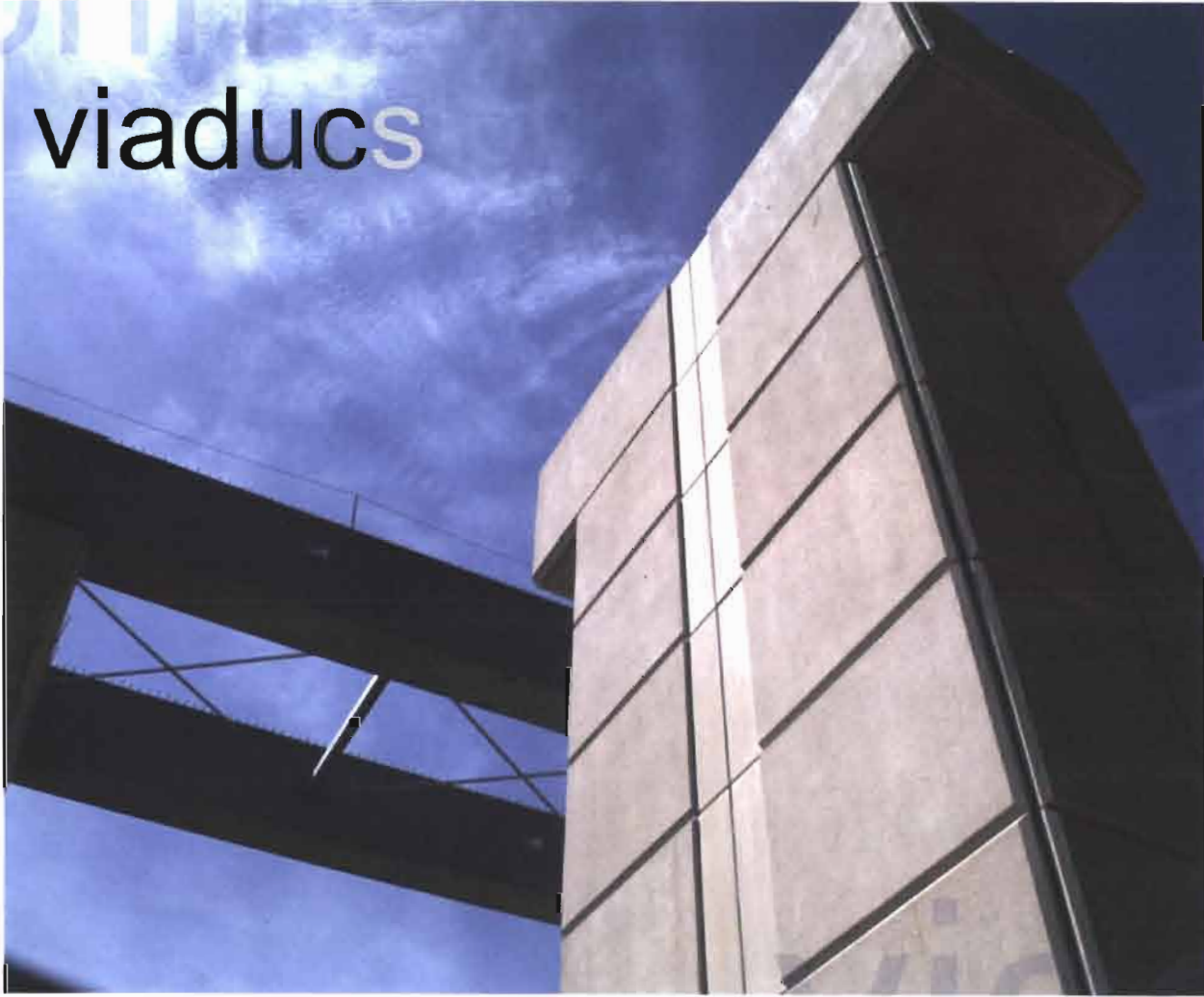
La circulation sur la N11 est garantie pendant toute la durée des travaux.



glaasbuurgronn

urgronn

viaducs



neck

aroussheck

# viaduc glaasbuurgronn



211 m

Les viaducs de franchissement des vallées de Glaasbuurgronn et Groussheck sont des ouvrages rectilignes à 3 travées, resp. 4 travées de hauteur constante sans aucun biais.

La longueur du viaduc Glaasbuurgronn, entre axes d'appuis extrêmes, est de 211 m à l'axe de l'ouvrage, celle du viaduc Groussheck mesure 184,50 m, à l'axe de l'ouvrage.

Chaque ouvrage comprend deux tabliers parallèles, décalés longitudinalement.

Chaque tablier est constitué d'une structure mixte acier-béton, composée de deux poutre-caissons métalliques continues et entretoisées sur appuis, supportant une dalle en béton armé connectée aux poutres.

Les deux tabliers de chaque ouvrage reposent chacun sur leurs appuis propres. Ils sont séparés de 0,50 m et cet espacement est fermé par un caillebotis. L'espace central peut recevoir une structure, permettant la fixation des candélabres dans l'axe de la route.

184,50 m

# viaduc glaasbuurgronn viaduc groussheck

Les portées à l'axe du viaduc de Glaasbuurgronn sont respectivement de 63 m-85 m-63 m.  
Ceux du viaduc Groussheck de 45 m-60 m-45 m-34,5 m .



La largeur totale d'un tablier est de 12,70 m, correspondant à :

- trottoir droit avec corniche et bordure californienne : 1,20 m
- BAU ( Bande d'arrêt d'urgence ) 3,00 m
- 2 voies de 3,50 m 2 x 3,50 m 7,00 m
- BDG 0,75 m
- trottoir gauche avec glissière de sécurité 0,75 m

## Géométrie routière

La route du Nord est en alignement sur la totalité des deux ouvrages.  
Le profil en long est une parabole de 7.600 m de rayon, resp. 9.300 m.  
Le dévers est constant sur chaque tablier et présente une pente de 2,5 %.

## Fondations.

Les culées sont fondées sur des semelles superficielles en béton armé B35.  
Les piles sont établies sur des puits uniques de diamètre 6,60 m en béton B25, les deux mètres supérieurs du puits sont ferrailés comme des semelles superficielles.





### Appuis

Les piles et culées sont réalisées en béton armé B35. Leur parement, sur les faces vues, est obtenu par mise en place dans les coffrages d'éléments préfabriqués en béton armé B35 de 15 cm d'épaisseur. Ces éléments sont munis sur leur face intérieure d'armatures en attente, qui assurent leur liaison avec le béton coulé sur place. Le parement des éléments préfabriqués est un parement fin uniforme de couleur beige garantissant un rendu architectural homogène.



### Culées

Les culées reposent sur leur semelle par l'intermédiaire de deux poteaux de diamètre 130.

Le chevêtre large de 2,55 m et d'une hauteur variant de 1,75 m à 2,07 m règne sur une largeur d'environ 13,20 m.

### Piles

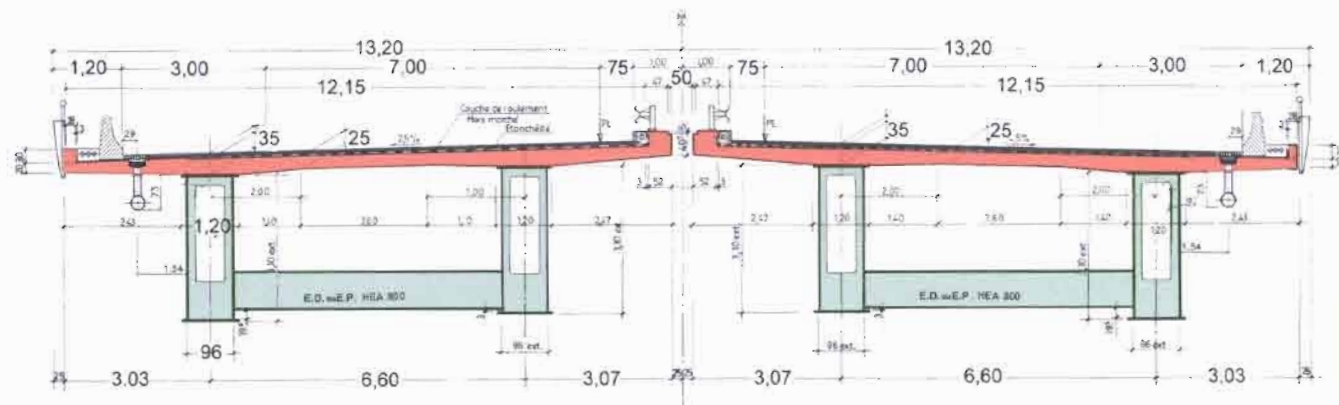
Les piles caissons mesurent 5,80 m x 3,00 m sans éléments préfabriqués. Le caisson a une épaisseur de 40 cm. Ce caisson est surmonté d'un chevêtre de 8,60 m x 3,00 m, permettant le vérinage directement sous les poutres caissons.

Les piles du viaduc Glaasbuurgronn ont une hauteur de 28 m, respectivement de 26,44 m.

Les piles du viaduc Grousheck ont une hauteur variable de 17,75 m, 17,66 m et 10,45 m.

# viaduc glaasbuurgronn viaduc grousheck

coupe transversale



## Tablier

L'ossature métallique du tablier est constituée de 2 poutres caissons espacées de 6,60 m entre axes. La largeur des semelles inférieures et supérieures est de 1.200 mm.

Les deux caissons ont une hauteur constante de 3,10 m.

Ces deux caissons sont régulièrement entretoisés avec des profilés HEA 800 pour la phase de lançage. Seules les entretoises sur les piles et sur les culées sont laissées en place en situation définitive.

Le lançage de la charpente métallique s'effectuera par paire de caissons.

Toutes les entretoises sont assemblées par boulons à serrage contrôlé.

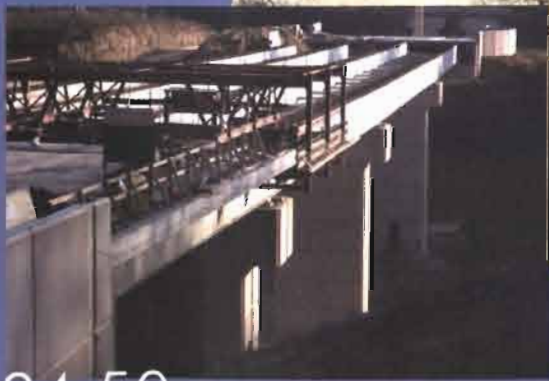
La dalle du tablier en béton armé B45, connectée à l'ossature métallique, a une épaisseur minimale de 35 cm sur appui de caisson et 25 cm en travée.

Le tablier repose au droit de chaque poutre caisson sur des appareils d'appui de type Néotopf, dont deux sont fixes et les autres unidirectionnels.

Le bétonnage de la dalle sera réalisé à l'aide d'équipages mobiles permettant le bétonnage par plots.

211 m

# viaduc glaasbuurgronn



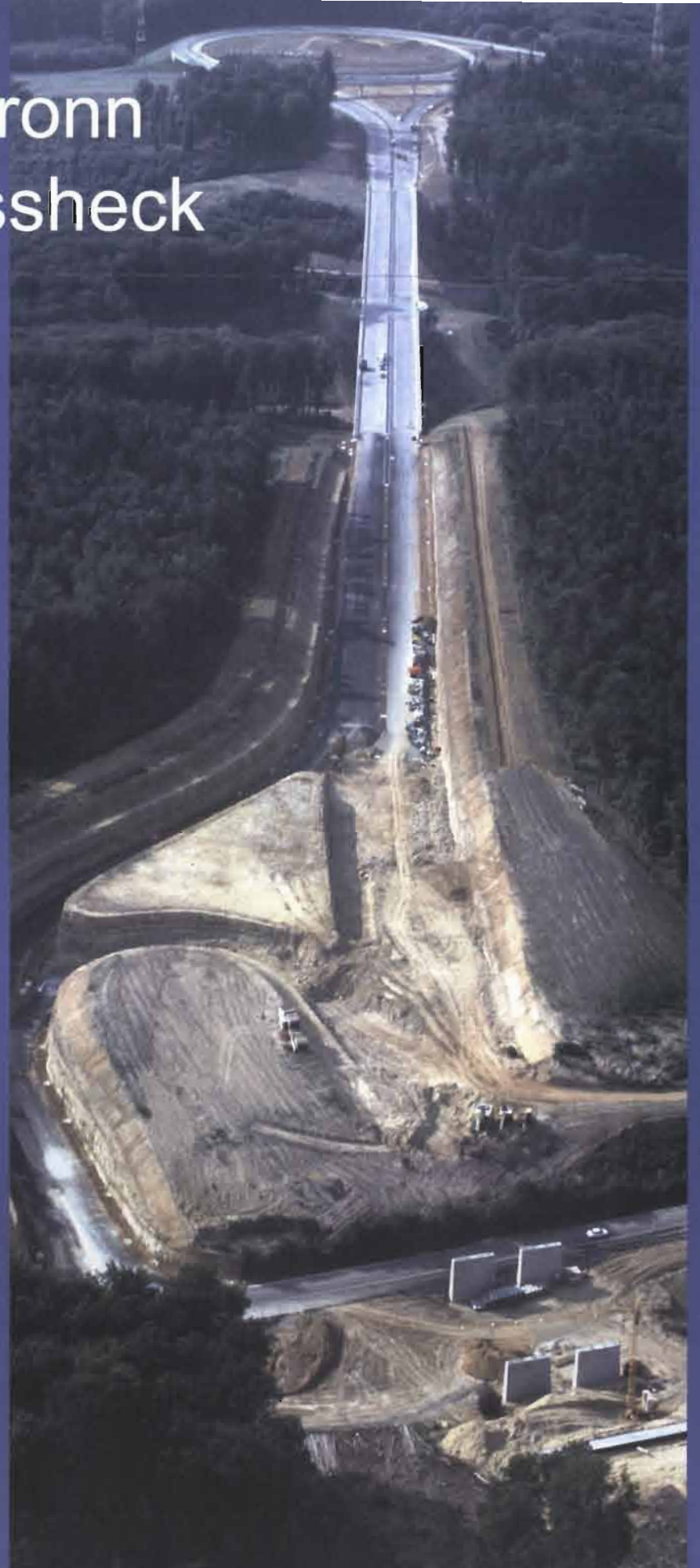
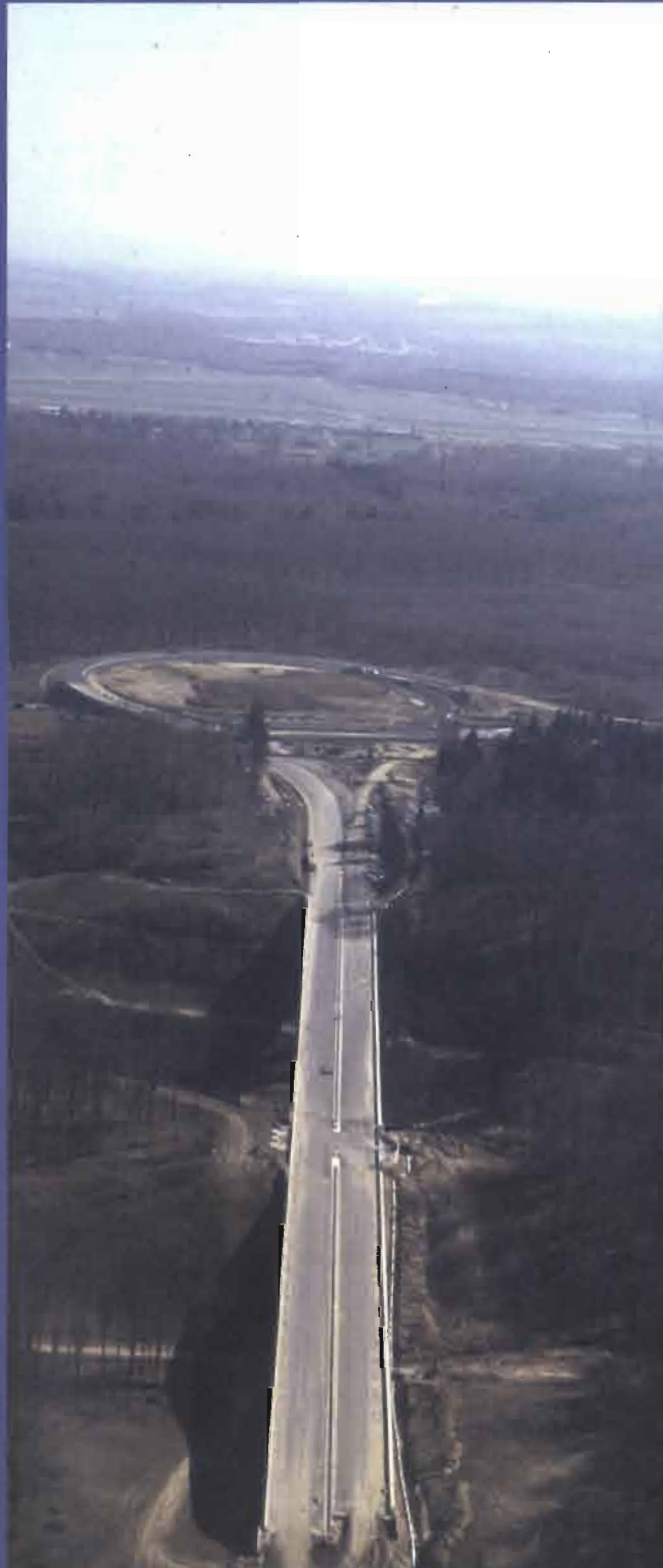
184,50 m

# viaduc grousheck

route du nord



viaduc glaasbuurgronn  
viaduc groussheck



junction grünwald



junction grünwald

junction grünwald

## Jonction Grünewald

Ce lot comprend les travaux suivants :

- la réalisation de l'élargissement de l'autoroute A1
- le tronçon de terrassement entre l'autoroute A1 et la route d'Echternach
- l'échangeur de la route du Nord avec l'autoroute A1
- l'échangeur provisoire entre la route du Nord et la route d'Echternach
- 3 bassins de rétention

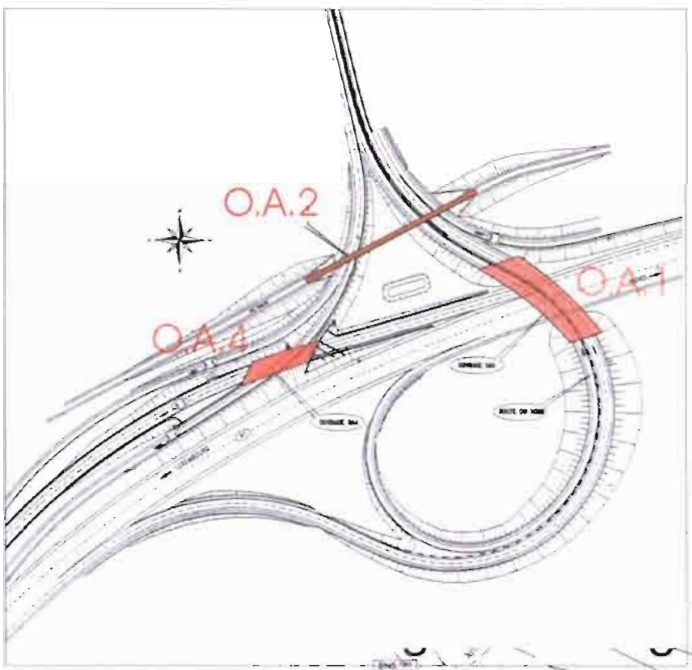
o.a. 1

o.a. 2

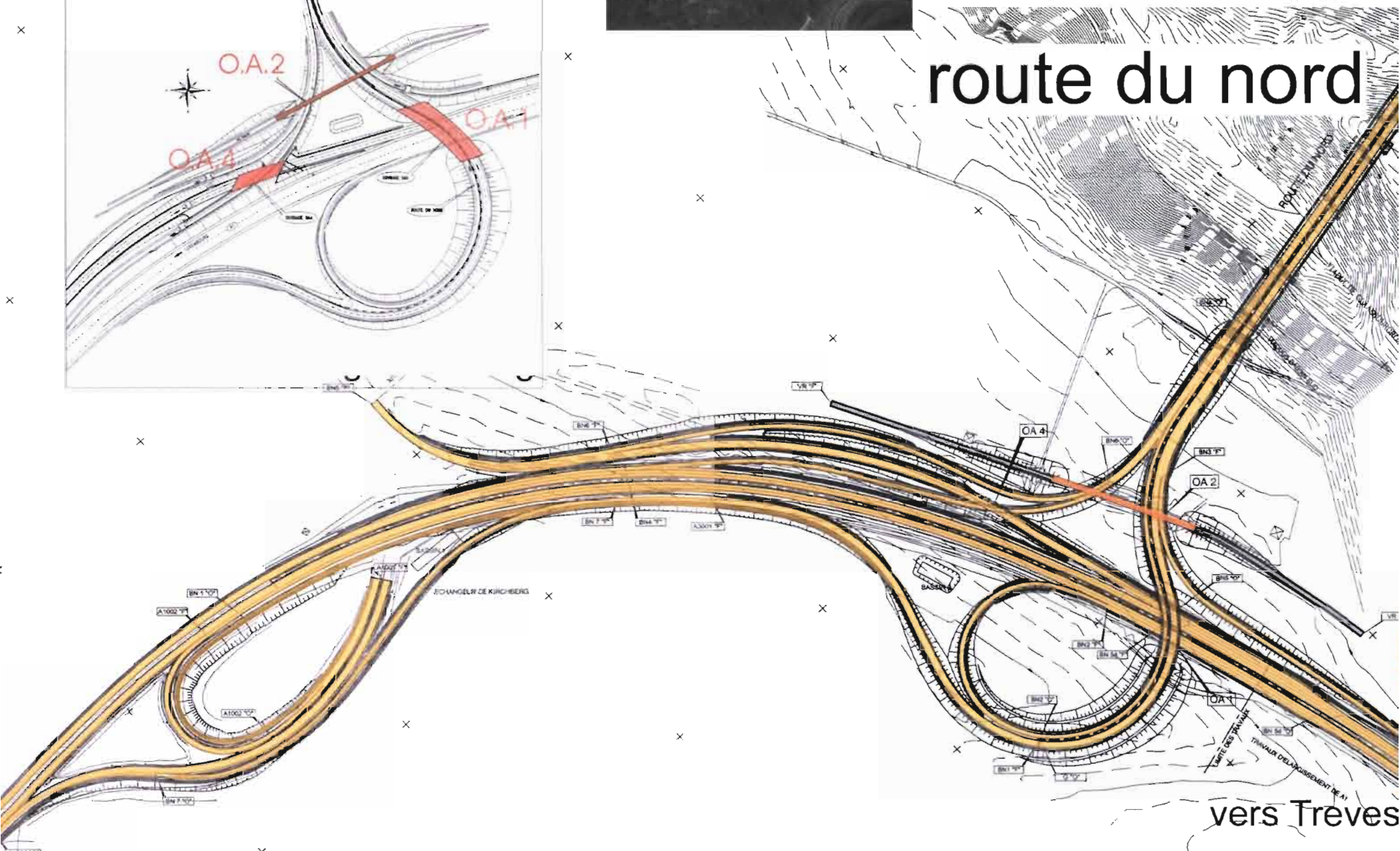
o.a. 4

jonction Grünewald

# jonction grünewald



route du nord



contournement de la ville de luxembourg

l'échangeur sur A1

L'échangeur se situe à l'est de la ville de Luxembourg, il comporte 3 ouvrages d'art nécessaires au passage des 6 bretelles de liaison entre la Route du Nord et l'autoroute A1.





# jonction grünewald

## o.a.

longueur: 74 m

o.a.1

Il s'agit d'un ouvrage en béton avec un tablier à quatre travées précontraint longitudinalement, appuyé sur des culées enterrées et sur trois piles situées dans l'emprise de l'autoroute A1.

### Tablier

L'ouvrage OA1 a un tablier constitué d'une seule dalle en béton B45 d'un mètre d'épaisseur, précontrainte longitudinalement.

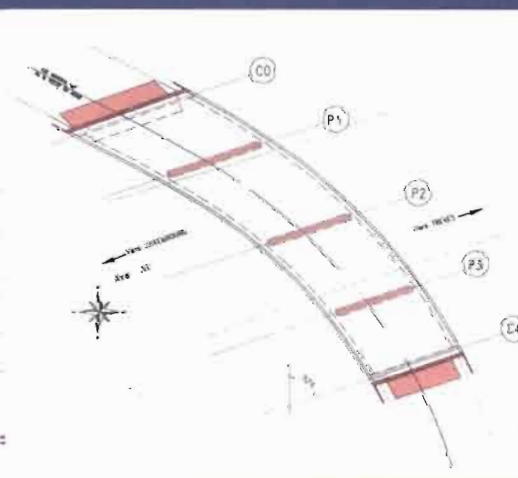
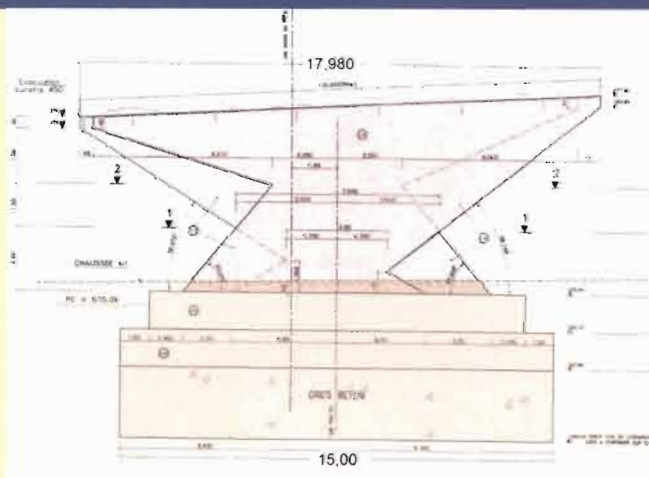
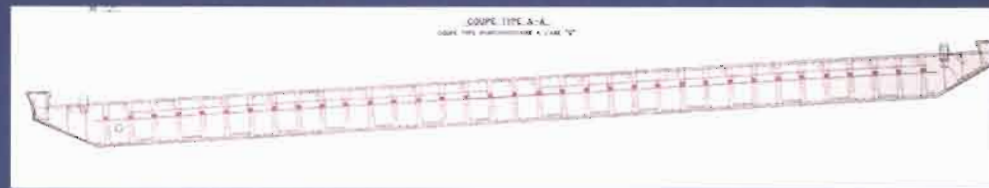
Le tablier comporte une forte courbure et un biais important, surtout du côté nord. La largeur du tablier est de 21,58m.

### Piles

Les fûts des piles ont une géométrie complexe avec plusieurs faces planes verticales et inclinées. L'épaisseur maximale comporte 1,60 m, réduite à 1,30 m au voisinage des faces latérales inclinées.

Le tablier déborde largement au-delà des appareils d'appui, avec des encorbellements jusqu'à 5,30 m. La répartition des charges entre les appareils d'appui d'une même pile est très inégale, avec les deux appareils extérieurs beaucoup plus chargés que les autres.

A la base des piles, des nervures parallépipédiques de 1,30 m de hauteur et de 1,80 m de largeur, en saillie de 10 cm sur leurs pourtours, assurent le raccordement des piles avec leurs semelles de fondations. Les fûts des piles sont en béton B45.



# o.a. | jonction grünewald

4 travées ( 15,61 m - 22,03 m - 19,87 m - 16,52 m )

## Culées

Ce sont des piles-culées enterrées, comportant des piliers de section rectangulaire variable sur leur hauteur, s'appuyant sur une semelle unique fondée sur le grès et surmontés d'un chevêtre comportant un garde-grève et des murs de retour.

La culée C0 comporte 6 piliers de 0,60 m d'épaisseur, placés au droit des appareils d'appui.

La culée C4 comporte 4 piliers de 0,80 m d'épaisseur.

Les culées sont en béton B35.



## Fondations

Les trois piles et les deux culées sont fondées sur le grès, par l'intermédiaire de semelles en béton armé B35, sur une certaine épaisseur de béton non armé B25.

Les fouilles sont descendues jusqu'à la rencontre avec le grès, qui sera certainement à un niveau inférieur à celui fixé pour le dessous des semelles, et le gros béton rattrapera la différence de niveau en même temps qu'il rétablira une surface d'appui horizontale.



# jonction grünewald o.a.2

## o.a.2

La voie romaine actuelle (kiem) est sensiblement parallèle à l'autoroute A1. Elle est coupée par le projet de la Route du Nord, et est rétablie avec un franchissement en passage supérieur. La voie romaine restera d'abord une voie réservée aux piétons et cyclistes. Par volonté architecturale, sur toute la zone de franchissement, le tracé de la voie romaine est droit. Le profil en long est parabolique avec un point haut situé au milieu de l'ouvrage.

### Tablier

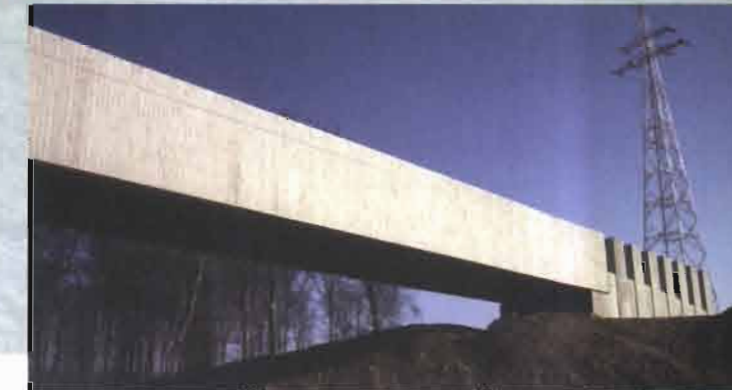
Le tablier est continu à cinq travées de portées successives de 25,20 m-33,50 m-33,50 m-33,50 m-25,20 m, pour une longueur totale entre joints de chaussée de 152,70 m.

La structure du tablier forme un H, avec deux poutres latérales de 0,40 m x 2,50 m, reliées à mi-hauteur environ par une dalle en béton de largeur de 3,50 m et d'épaisseur minimale 0,25 m.

La dalle est encastrée dans les poutres.

Au niveau des appuis, un chevêtre permet de ramener les efforts des poutres sur les piles ou sur les culées. Le tablier est en béton B35.

$l = 152 \text{ m}$



# o.a. 2 jonction grünwald

l=152 m

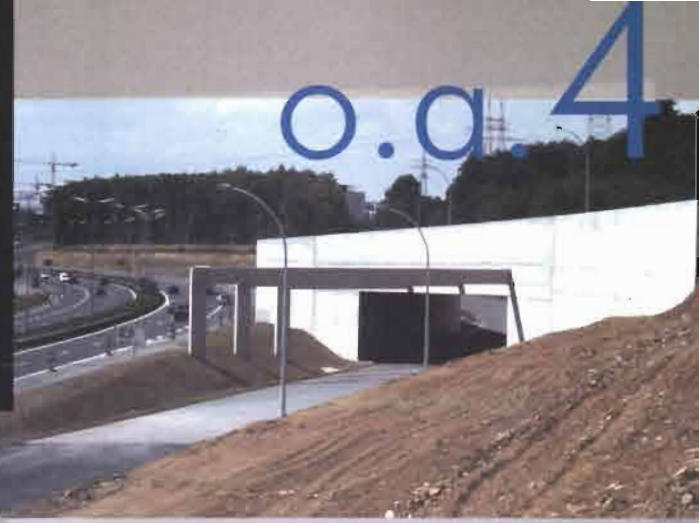
Chaque pile est constituée d'un fût de 2 m de diamètre en béton armé B35, axé transversalement sous la passerelle.

Les piles sont fondées sur le rocher. Les semelles superficielles en béton armé reposent sur une épaisseur de béton non armé, permettant d'atteindre le bon sol.

Les culées sont constituées d'un chevêtre appuyé sur un poteau de section 1,60 m x 1,60 m.

A l'arrière des culées, des murs, formant des structures indépendantes, prolongent les poutres de la passerelle.





## o.a.4

L'ouvrage OA4 permet le passage de la bretelle de sortie de l'autoroute A1, sous la bretelle provenant de la Route du Nord.

Il couvre un tronçon d'environ 60 m de longueur. Il s'agit d'un portique ouvert d'un biais prolongé à ses extrémités par des murs de soutènement.

### Portique

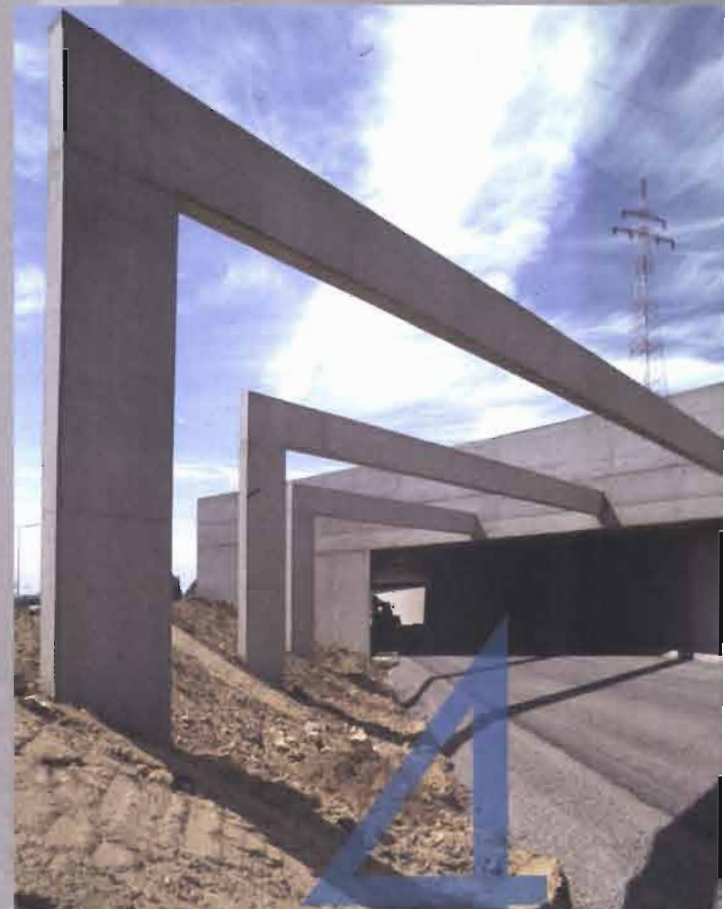
L'ouvrage de franchissement est constitué d'un portique ouvert d'un biais géométrique de 50 degrés, appuyé sur semelles superficielles en béton armé B25.

L'ouverture droite du portique est de 12,02 m. Les pénétrations sont rectilignes.

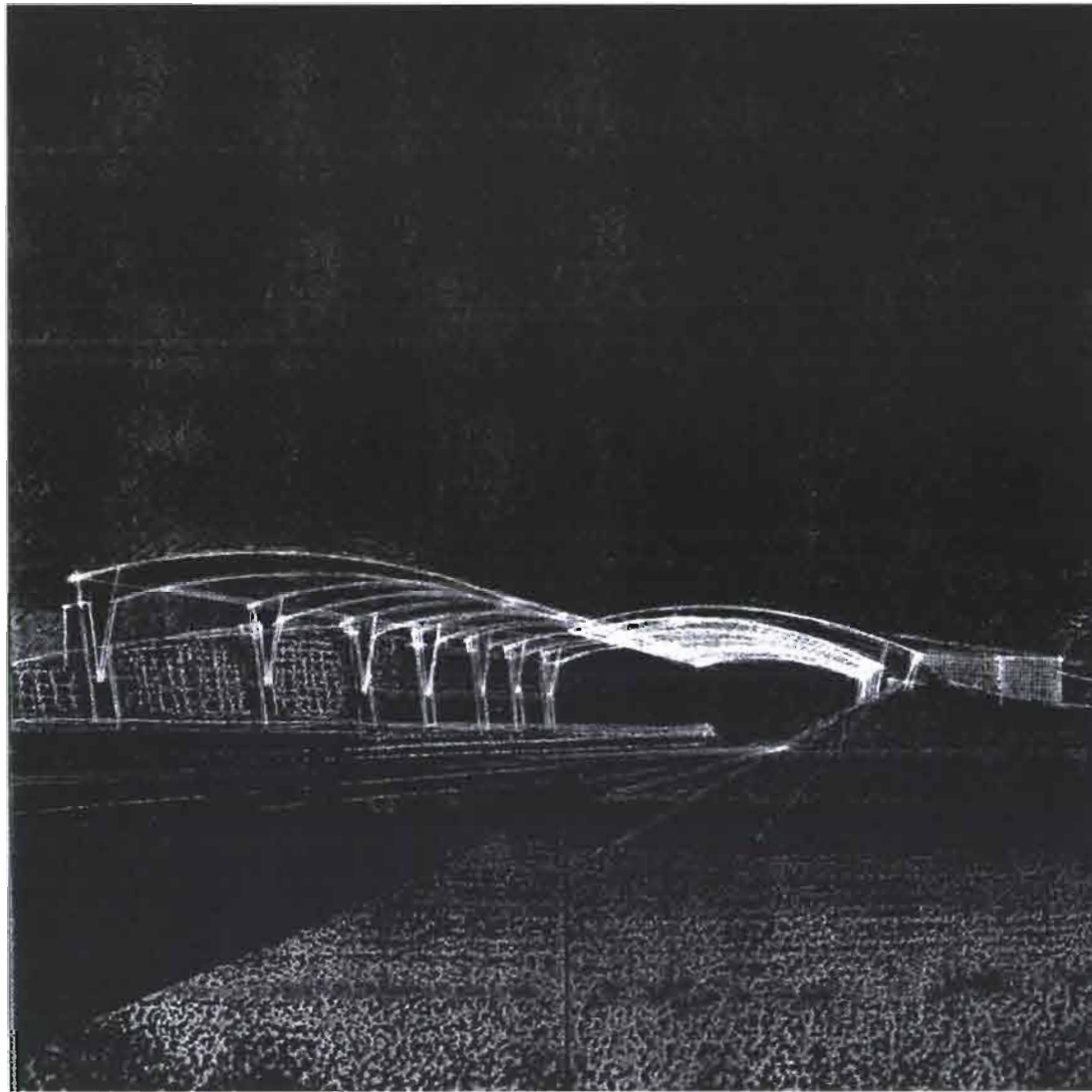
La dalle supérieure du portique suit les variations de niveaux de la bretelle B5 en laissant un gabarit de 5,05 m dans la largeur de la chaussée en tous points de passage.



jonction grünwald



conception architecturale  
conception architecturale




conception architecturale  
conception architecturale

The page features several architectural sketches in white lines on a dark background. On the left, there are two cross-sections of bridge structures supported by pillars. On the right, there is a larger sketch of a bridge with a central pier and two side piers. In the top right, there is a sketch of a building or structure with a grid-like pattern. A stylized graphic element, consisting of two overlapping curved shapes in red and yellow, is positioned in the top left and bottom left corners. The text is centered in the middle of the page.

## Conception architecturale

Conscient de l'impact de l'ouvrage sur le paysage vierge, la conception architecturale des différents ouvrages a été guidée par la recherche d'une intégration harmonieuse et discrète dans le paysage. A travers un vocabulaire architectural emprunté au paysage (murets en pierres sèches, gabions, modutage de la terre et de la végétation locale), les ouvrages ont été complétés afin de permettre une intégration respectueuse dans les différents sites. Une attention particulière a été mise sur les espaces transitoires entre l'intérieur et l'extérieur du tunnel. La forme architecturale de ces ouvrages d'art complète le découpage topographique dû aux entrées du tunnel du Gousselerbiérg. L'implantation de la trajectoire en dehors des zones inondables de la Mamer et de l'Alzette, ainsi que la position des passages pour la petite faune et les amphibiens ont fait partie intégrante de la réflexion sur les interventions le long du tracé de la Route du Nord. L'aménagement paysager demande un même langage architectural, homogène et cohérent, intégrant la notion de repérage et de marquage artistique tout au long du tracé




Les travaux d'aménagement poursuivaient du départ 2 «Leitmotive».  
L'intégration des constructions dans l'environnement et la sécurité des automobilistes.

Vu le nombre impressionnant d'ouvrages - 2 ponts, 3 tunnels, nombreuses voies d'accès et de sortie - le défi était lancé à tous les responsables quant à garantir la sécurité, tout en respectant l'environnement. Seule une équipe multidisciplinaire regroupant tous les corps de métier pouvait aspirer en concertation commune d'apporter une solution - les ingénieurs, les architectes, les paysagistes, les concepteurs de l'éclairage, les géologues, les experts de la sécurité.

L'intégration des ouvrages dans l'environnement naturel

Harmonisation des ouvrages avec les données topographiques



Les entrées de tunnel et les ponts, mais aussi le tracé routier représentent de grandes entailles et coupent la topographie. D'énormes masses de terre sont déplacées. Des versants sont stabilisés. Lors de la planification architecturale une grande attention a été portée aux passages entre tunnels et voies d'accès, ponts et «terre ferme».

De grands modèles d'aménagement paysager ont servi à la reconnaissance du site, et ont permis de répondre à certaines questions, notamment pour ce qui est des trémies d'accès du tunnel Gousselerbiert et des constructions à l'avancement, améliorant la sécurité des conducteurs.

De jour comme de nuit l'autoroute devrait s'intégrer aussi discrètement que possible dans l'environnement.

langage formel cohérent, homogène

Les expériences acquises lors de la planification du tunnel Gousselerbiert, servent de base pour les prochains tunnels, tout en les adaptant aux exigences rencontrées. De même que pour les trémies d'accès des tunnels, les recherches pour la configuration du viaduc ont été basées sur le viaduc de l'Alzette (matériel, formes des piles, détails des passerelles latérales, concept de l'éclairage, tête de pont) et serviront de repère pour les prochains ponts, tout en tenant compte des différences spécifiques.

M A M E R T A





## Langage cohérent pour les matériaux

Les mêmes matériaux sont utilisés tout au long du tracé de l'autoroute, faisant ressortir le tronçon Kirchberg-Mersch comme une construction uniforme. Par endroit les matériaux excavés des travaux de fouille du tunnel sont mélangés au Quarzit luxembourgeois, et servent à la stabilisation des talus sous forme de gabions. Le long du tracé ces gabions seront aussi utilisés pour les constructions aux extrémités du pont et les bâtiments techniques, et ceci dans un but de décoration paysagère.

Outre la pierre et les gabions, les piles en béton des ponts, peintes en noir, et leurs passerelles latérales métalliques contribuent à cette apparence uniforme de la Route du Nord, grâce à la cohérence de l'emploi des matériaux et des formes.

## Le meilleur camouflage de la construction pour les zones résidentielles à proximité

Le tracé de la Route du Nord passe principalement le long de paysages naturels. Toutefois à Lorentzweiler un lieu d'habitation se trouve tout proche. Des grands remblais avec une plantation naturelle permettront de cacher, dans ces endroits critiques, la Route du Nord aux yeux des habitants.

## La sécurité des conducteurs.

Une autre préoccupation était la garantie des meilleures conditions de sécurité pour les conducteurs, tout en sachant que ce tronçon est fortement structuré par les tunnels et les ponts.

Les portails des trémies d'accès de tunnel avec leurs grands piliers métalliques et leurs lamelles d'ombres servent pendant la journée au passage progressif du clair à l'obscur. En étroite collaboration avec les projecteurs de l'éclairage du BLL (Brachtenbach Lichtlabor), ces lamelles qui donnent de l'ombre ont été étudiées et adaptées pour atteindre un filtre ponctuel de lumière. Même de nuit un éclairage horizontal perfectionné aide à la sécurité des conducteurs aux endroits critiques et à tirer leur attention sur les entrées de tunnel et voies de sortie de l'autoroute.

L'éclairage horizontal de la chaussée sur le viaduc souligne l'aspect nocturne de la construction.

M A M E R T A L



## Echangeur Lorentzweiler

L'échangeur de Lorentzweiler est un lieu spécifique de la Route du Nord. Il se situe sur le flanc du versant de la vallée de l'Alzette entre les grands ouvrages du tunnel et du viaduc de l'Alzette. Le rond-point intègre trois bretelles: l'autoroute avec ses voies d'accès et de sortie, la route nationale N 7 et la voie ferrée parallèle.

Le but de la planification étant, de donner à chaque voie son propre caractère, tout en l'intégrant dans l'ensemble des ouvrages et dans l'environnement très expressif. La Route du Nord sera l'élément fort de la construction, un corps en pierres naturelles, s'étirant jusqu'au rond-point. Les voies d'accès et de sorties passent le long du soutènement dans les champs aux arbustes typiques. La forêt de hêtres et de chênes couvre les talus de l'Alzette. Le tracé est coupé en silhouette dans la forêt et obtient une configuration et une végétation propres. Les buttes antibruit et les chemins ruraux disparaissent dans la surface boisée.

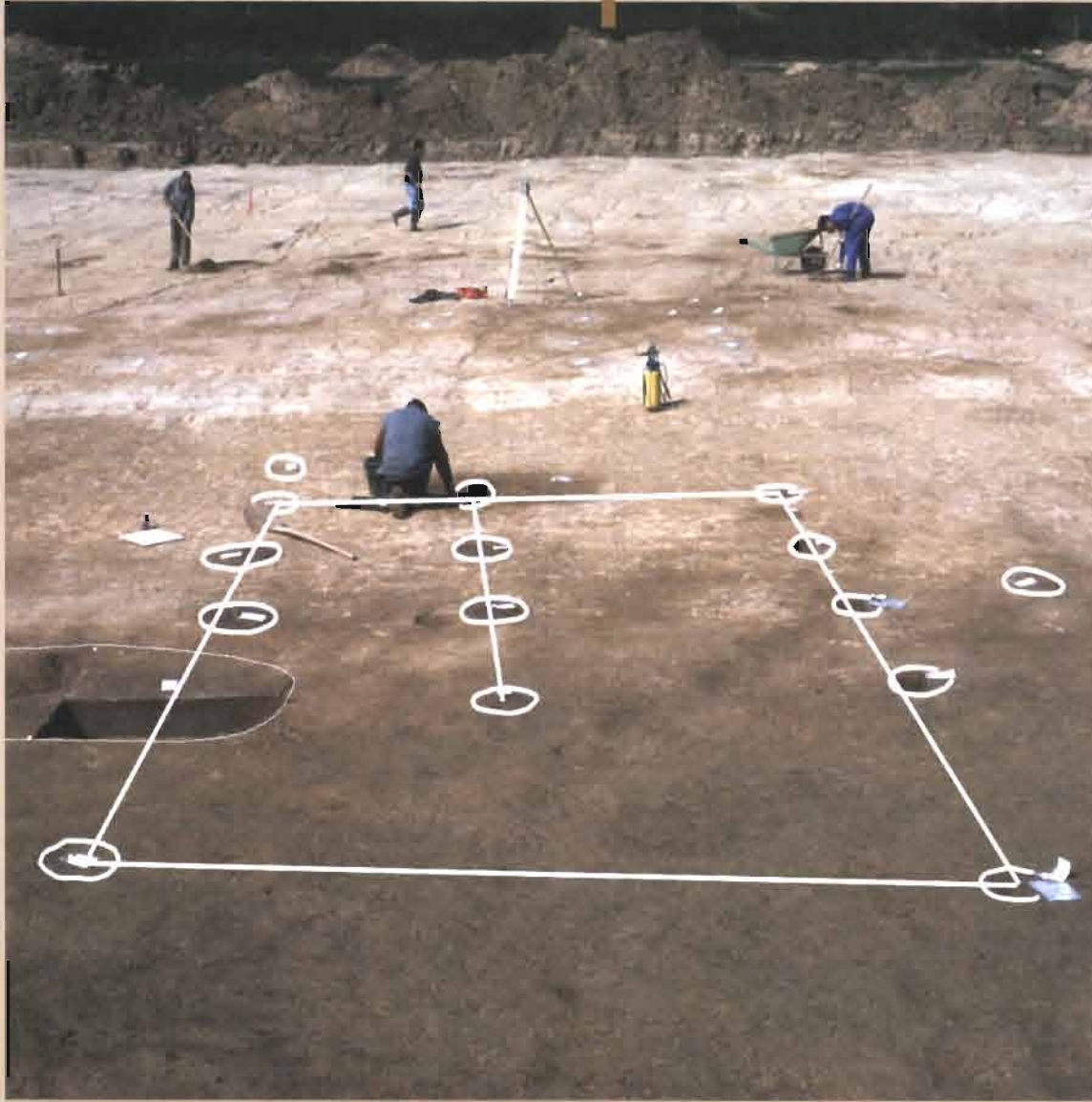
La route nationale, qui longe le flanc du versant, coupe l'autoroute dans le rond-point. Son parcours est souligné par une rangée d'arbres et se différencie des voies d'accès et de sortie.

La voie ferrée parallèle à la route doit être conduite en-dessous de l'autoroute. Les remblais nécessaires y sont intégrés de par leur forme et leur boisement dans le versant. Uniquement le viaduc de la Route du Nord apparaîtra comme ouvrage en pierres naturelles.

Gesamte Planung  
siehe Pläne  
Schroder & Ass.



# archéologie préventive



archéologie

## NORDSTROOSS – TUNNEL GOUSSELERBIERG

### RECHERCHES ARCHEOLOGIQUES ET PALEO-ENVIRONNEMENTALES

#### *Remarques préliminaires.*

La construction de la Nordstrooss était déjà bien avancée lorsqu'en 1990, l'Administration des Ponts & Chaussées décida de faire étudier les vestiges archéologiques menacés de destruction par un archéologue chargé du suivi des nouveaux tracés routiers. En 1991, trois bâtiments annexes d'une importante villa gallo-romaine ont été fouillés en vitesse sur le Contournement de Schieren. Pour le reste du tronçon qui mène d'Ettelbruck à Mersch, des prospections pédestres et des contrôles sporadiques des travaux de terrassement ont seulement eu lieu. A cette occasion, une petite route romaine inédite a été repérée à Mersch «KrounebiERG» qui mène de Reckange vers la grande villa gallo-romaine de Mersch «Mies». Entre Ettelbruck et Mersch, le tracé de la Nordstrooss n'a pas fait l'objet de sondages diagnostics, d'une part en raison de la densité apparemment moins grande de sites archéologiques et d'autre part en raison de la priorité accordée au projet de la Liaison avec la Sarre, qui fait figure de projet pilote en matière d'archéologie préventive au Grand-Duché de Luxembourg.

A partir de Mersch, on constate cependant un nombre plus élevé de sites archéologiques. Leur plus grand nombre est, moins dû aux activités de prospection intenses des nombreux particuliers de la région, qu'à sa situation géographique et topographique particulière: en effet, Mersch se trouve en situation de carrefour au croisement de plusieurs routes anciennes, la plupart romaines et même protohistoriques, et à la confluence de deux cours d'eau (Eisch et Mamer) avec le cours de l'Alzette. La vallée de l'Alzette joue un rôle d'axe de circulation, très fréquenté par l'homme aux périodes pré- et protohistorique, gallo-romaine, médiévale et moderne.

## RECHERCHES ARCHEOLOGIQUES

Abondance de sites archéologiques autour du Viaduc de Lorentzweiler

Les plateaux gréseux (grès de Luxembourg) des deux côtés de l'Alzette abritent une foule de sites d'habitats datant principalement du Néolithique final, mais aussi de l'Age du Bronze et de l'Age du Fer. De nombreux artefacts lithiques y ont été recueillis par des particuliers, collectionneurs d'objets, au cours des trois dernières décennies. Depuis l'introduction de la culture du maïs, l'érosion des sols a considérablement progressé et a détruit de nombreux sites pré- et protohistoriques. Ainsi par exemple, l'érosion a été si forte sur les plateaux gréseux des alentours d'Itzig (tracé du Contournement est de la ville de Luxembourg) que plus aucune structure préhistorique n'a été conservée! Seuls témoins de ces habitats préhistoriques sont les milliers d'outils en pierre qui ont été recueillis dans les labours par des amateurs d'archéologie privés.



A moins de 2 kilomètres autour du viaduc de Lorentzweiler se trouvent quatre éperons barrés ou habitats de hauteur fortifiés: L'un, situé sur un étroit éperon surplombe le petit village de Prettingen et date probablement du Haut Moyen Age. Un peu plus au sud, le promontoire du «Maximeinerboesch» s'avère être vaste, un habitat de hauteur fortifié du premier Age du Fer. A l'est de l'Alzette, du côté de Lintgen se trouve une autre fortification de hauteur qui porte le nom évocateur de «Buurgbierg». Elle pourrait dater du deuxième Age du Fer en raison d'une tombe d'époque Latène, qui vient d'être trouvée dans la pente qui y mène. Le dernier camp retranché est caché un peu plus loin dans la forêt «Jaufferboesch» et était occupé au Bas Empire (4<sup>e</sup> siècle après J.-C.).

Les périodes protohistoriques sont également bien représentées, non seulement par ces deux habitats de hauteur fortifiés (Lintgen-«Buurgbierg» et Hunsdorf «Maximeinerboesch»), mais aussi par l'habitat de plaine à Prettingen «Wolfichtergewan» (Nordstrooss),

par une riche tombe du 1<sup>er</sup> Age du Fer au pied du Maximeinerboesch, une tombe du deuxième Age du Fer à Lintgen et une vaste nécropole de tertres funéraires à Lorentzweiler.

Sur les pentes de la vallée de l'Alzette se trouvent, espacées à intervalles réguliers, des fermes gallo-romaines de toutes tailles: Les plus connues sont celles de Mersch «op der Mies», de Helmsange «Sonnebierg» et de Steinsel (sous le parvis de l'église). Une autre a contribué au suffixe du nom de la localité de Lorentzweiler (villa > villare > weiler). A Lorentzweiler, Alexandre Wiltheim avait déjà repéré au 17<sup>e</sup> s. des monuments lapidaires romains (colonne de Jupiter), utilisés en réemploi dans l'église paroissiale. D'autres établissements gallo-romains de petite ou moyenne taille sont connus du côté de Hunsdorf «Schwunnendall» ainsi qu'à Prettingen «Seisselbaach». Au «Prettnerbierg» se trouve également un petit sanctuaire gallo-romain, qui a livré des monnaies allant de l'époque gauloise au Bas Empire romain. A Steinsel «Relënt», un autre sanctuaire, dont la principale phase d'activité se situe au 4<sup>e</sup> s. ap. J.-C. a été partiellement fouillé vers 1958. Le dieu qui y fut vénéré portait le nom de CERUNINCUS.

Parmi les nombreux chemins antiques, sillonnant le paysage de la vallée de l'Alzette et de ses alentours, les plus anciens sont les chemins de crête dont les origines remontent à la protohistoire. L'un d'entre eux passe de Senningerberg via Blaschette en direction de Rollingen/Schoos.

A Asselscheuer, le tracé de la Nordstrooss est parallèle à cette ancienne voie sur plus d'un kilomètre.

D'autres voies passant à flanc de coteau reliaient les villas de la vallée. Le passage de l'Alzette s'effectuait par des gués ou des ponts, dont les emplacements sont encore mal connus. Le seul passage antique de l'Alzette connu est celui de Luxembourg-Pfaffenthal, où en avril 1990, un pilier de pont et un gué du Bas Empire ont été documentés par le MNHA.

Les époques médiévales sont également bien représentées par des tombes mérovingiennes à Lorentzweiler «Kleck» qui ont été touchées au 19<sup>e</sup> siècle lors de la construction de la voie ferrée et par la fortification de hauteur à Prettingen «Fléikert». Le patronyme de l'église de Lorentzweiler (S. Laurent) permet de la dater du Haut Moyen Age. Près d'Asselscheuer, non loin de l'endroit, où l'un des tunnels de la Nordstrooss aboutira, se trouve un fortin carré formé par un rempart de terre. Il pourrait dater de la Guerre de Trente Ans. Cette fortification temporaire a d'ailleurs donné le nom au lieu: «Schanz».

PRETTINGEN-«WOLFICHTERGEWAN»:

GISEMENT PROTOHISTORIQUE INSTALLÉ SUR LES PENTES DE LA VALLÉE DE L'ALZETTE

### Aspects techniques de la fouille

Afin de déterminer l'extension du site protohistorique connu par prospection de surface à l'endroit de l'entrée sud du Tunnel Gousselerbiert, quelques sondages mécaniques préliminaires ont été réalisés au moyen d'une pelle hydraulique. Ensuite, une surface totale de 60 ares a été décapée, soit plus que la surface d'un terrain de football. Si en amont de la pente, la profondeur du décapage était de 0,50 m à peine, elle atteignait 1,70 m, voire plus, dans la partie basse. En raison des problèmes liés aux importantes masses de terre à déplacer et à entreposer (environ 7000 m<sup>3</sup>) et en fonction de la concentration des structures archéologiques mises au jour, deux grandes aires ont été dégagées, laissant également des secteurs inexplorés. Le volume des masses de terre (7000 m<sup>3</sup>) est à mettre sur le compte des colluvions importantes en provenance de la pente assez raide du «Prettnerbiert». Ainsi, certaines structures se trouvaient enfouies à plus de 1,70 mètre de profondeur!



### DES MAISONS, DES GRENIERS, DES SILOS, DES CLÔTURES DE L'ÂGE DU FER

Près de 400 structures archéologiques, essentiellement des trous de pieux et de poteaux, mais également des silos ont été dégagées, fouillées et relevées par le service archéologique P et CH en collaboration avec la section protohistoire du MNHA.

La disposition des nombreux trous de poteaux permet d'identifier plusieurs bâtiments construits en bois et en terre. Deux alignements de poteaux représentent des clôtures ou des palissades. Dans certaines structures, des morceaux d'argile cuite, comportant l'empreinte de branches, proviennent des parois faites de branches de bois et de terre.

Leur disposition permet de les identifier comme faisant partie de maisons, de greniers, et de clôtures datant du Premier Age du Fer (Hallstatt D, vers 600 av. J.-C.). Plusieurs grandes fosses et silos, ont également été relevés.

# recherches archéologiques

## route du nord

Dans la partie sud du décapage, au moins deux plans de maisons ont été identifiés de part et d'autre d'un ruisseau, dont la source se trouve à une bonne centaine de mètres en haut de la pente. Pour le bâtiment situé plus en amont, plusieurs phases de construction ont même pu être constatées. Du côté sud du bâtiment situé dans la zone «basse», un grenier reposant sur poteaux semble y être associé. Au moins deux autres greniers à 6 poteaux ont également été localisés dans ce secteur. Ultérieurement, l'étude plus poussée des structures et leur organisation dans l'espace permettra probablement de mettre en évidence encore d'autres édifices.

Il est encore trop tôt pour se prononcer sur la datation relative des différents édifices en bois, l'étude comparative des structures n'étant pas encore faite. Il est cependant assuré au vu de l'ensemble de la céramique recueillie lors des décapages et en fouille, que la plupart des structures datent de la fin du 1<sup>er</sup> Age du Fer et du début du 2<sup>e</sup> Age du Fer. Contrairement aux documents relatifs aux rites funéraires, les documents, se rapportant aux occupations domestiques de ces périodes, sont encore méconnus pour notre pays, d'où l'importance de ces vestiges d'habitat.

### LE MOBILIER ARCHÉOLOGIQUE: MIROIR DE LA VIE QUOTIDIENNE ET ECONOMIQUE



Sur l'ensemble du site, aussi bien dans la couche arable que dans les colluvions et dans les structures mêmes, des outils en silex (grattoirs, lames) ont été recueillis. Du site proviennent également des fragments de haches polies en schiste. La présence d'outils en pierre sur des sites protohistoriques n'est point surprenante: vu la rareté et le caractère précieux des métaux, les gens ont continué à se servir d'outils en pierre à l'Age du Fer. A côté des grattoirs et des lames en silex et des haches en schiste, on a trouvé également des broyeurs et percuteurs en quartzite ainsi que des meules et fragments de meules en pierre volcanique de l'Eifel, en quartzite et en grès. La présence d'un projectile de fronde en terre cuite reste énigmatique: servait-il à la défense de l'habitat contre d'éventuels agresseurs ou à la chasse de gibier?

La découverte de deux «nuclei» en silex (noyaux à partir desquels des lames ou lamelles ont été débitées), différents des autres silex recueillis sur le site de par leur matière première, leur patine et leur aménagement, a soulevé des questions. Sont-ils datables au Tardiglaciaire, la période de transition du Paléolithique au Mésolithique, ou sont-ils le résultat d'une production lithique protohistorique encore mal connue?

L'unique pièce en bronze est un fragment de bracelet massif qui provient de la couche arable au-dessus de l'édifice en bois à plusieurs phases de construction.

Parmi la céramique protohistorique découverte dans l'habitat, il faut noter au moins deux récipients plus ou moins complets (non encore restaurés). Quelques fragments d'amphore romaine (période républicaine) dans les colluvions situées à une cinquantaine de mètres des substructions gallo-romaines plaident également en faveur d'une réoccupation du site à la fin de l'époque gauloise (Latène D = les dernières décennies avant J.-C.) qui a précédé les vestiges de l'époque romaine voisins.



### II ETUDES PALEO-ENVIRONNEMENTALES

Il est faux de croire que le travail de l'archéologue se limite uniquement à l'étude des sites archéologiques. Sa mission est d'essayer de reconstituer la vie des ancêtres (modes de subsistance, économie, croyances, techniques, transport, ...) et de la situer dans leur environnement naturel ou remanié. C'est ainsi qu'il est obligé de faire appel aux sciences naturelles; telles la géologie, la pédologie, la palynologie, la paléobotanique, la dendrochronologie etc. L'analyse de certains sédiments permet de retracer l'évolution du paysage au cours des périodes du Quaternaire et de déceler les traces d'activités humaines.

- A Mersch "Mierscherbiert" et "Hagt", le service géologique a procédé à des analyses granulométriques des importants dépôts de Loess. Le but en était de connaître la genèse de ces dépôts et leur âge. Ces dépôts ont été exploités jusqu'au début du 20<sup>e</sup> siècle dans la sidérurgie locale.
- Au Rouscht, à proximité immédiate du circuit Good Year, une mardelle de grand diamètre allait être détruite par la construction de la Nordstrooss. Une mardelle est une dépression du terrain, dans la plupart des cas d'origine naturelle, où se sont accumulés au cours de son existence des sédiments divers. En raison de l'humidité permanente dans ces mardelles, des matières organiques, telles des feuilles, des branches, de la tourbe, des troncs d'arbres et des pollens piégés s'y trouvent bien préservés. Les analyses palynologiques, réalisées par le Laboratoire de Chrono-écologie de Besançon, ont établi un spectre pollinique qui remonte au tout début de l'époque romaine pour la mardelle du Rouscht. Sur le diagramme, on identifie notamment les différentes phases de déboisements à l'antiquité tardive et les reboisements au Haut Moyen Age. Des concordances avec les résultats d'une autre mardelle à Hellange (Liaison avec la Sarre) ont pu être établies.



### Les alluvions de l'Alzette, une source importante d'informations environnementales

La construction du viaduc de Lorentzweiler avec ses plus de 80 piliers a nécessité de très nombreux forages de reconnaissance, effectués par le service géologique des P & Ch. Les carottes de forage ont révélé une succession de couches sédimentaires dont l'épaisseur varie entre 8 mètres au milieu de la vallée et 13 mètres en bordure. D'importants horizons de tourbe y ont été observés. Ce n'est pas la première fois que les sédiments de la vallée de l'Alzette font l'objet de recherches scientifiques. En 1953 déjà, lors de la construction de l'ouvrage d'art qui relie Moesdorf à Pettingen, M. Marcel Heuertz, ancien directeur du Musée d'Histoire Naturelle, y a analysé d'épaisses couches organiques. A l'époque, un crâne humain et des artefacts en bois et en os, datant d'environ 500 avant J.-C., ont été trouvés à 5 mètres de profondeur.

Comme une occasion pareille de pouvoir étudier les sédiments de la vallée de l'Alzette sur toute la largeur ne se présentera pas si tôt, il a été décidé de lancer un projet de recherches interdisciplinaire sur l'histoire et l'évolution de la vallée de l'Alzette au Quaternaire. Initiateurs de ce projet sont les services géologique et archéologique des Ponts & Chaussées et le service de Préhistoire du Musée national d'Histoire et d'Art de Luxembourg (MNHA). Y participent le service de Préhistoire du Rheinisches Landesmuseum de Trèves, l'Université Libre de Bruxelles (ULB), le Senckenberg Institut à Weimar et le Laboratoire de Chrono-écologie de Besançon.

Les analyses prévues sont: 14C, palynologie, paléobotanique, archéo-pédologie, chimie, granulométrie et malacologie.

Il s'agit e. a. de faire corrélérer les horizons organiques avec les structures de l'habitat protohistorique voisin, étudié dans les pentes de Prettingen «Wolfichtergewan». Les analyses actuellement en cours devront répondre à de nombreuses questions sur le cours de l'Alzette et son débit, la faune et la flore, la topographie, la nature des alluvions et colluvions, etc.

Le fond des alluvions est constitué de dépôts de graviers post-glaciaires. Du côté de l'entrée du Tunnel Gousselerbiérg, une couche organique à plus de 8 mètres de profondeur a pu être datée à l'ère pré-Holocène. Cette couche organique appartient probablement à un méandre colmaté par des colluvions de pente et qui n'a plus subi d'érosion ultérieure par un déplacement du lit de l'Alzette. Les analyses chimiques des couches supérieures des alluvions ont révélé e. a. l'impact de la sidérurgie du bassin minier grâce à des teneurs extrêmement élevées en éléments métalliques.

Les dépôts de source calcaireux: une source d'information supplémentaire

Les prospections de surface ont mis en évidence à Prettingen d'importants sédiments de calcaire appelés «tuffs» ou «travertin» déposés par les eaux d'une source portant le nom de «Seisselbaach». Ces sédiments épais de plusieurs mètres ont piégé des milliers de coquilles de minuscules mollusques grâce auxquels on arrive à connaître de manière indirecte l'environnement naturel ancien. Les dépôts calcaireux de Prettingen «Seisselbaach» peuvent être mis en relation directe avec ceux de Direndall, éloignés seulement de 3,5 km et qui ont fait récemment l'objet d'une étude malacologique approfondie (étude des coquillages de minuscules escargots). L'analyse au 14 C d'un horizon charbonneux sous-jacent aux dépôts de calcaire pourra nous renseigner sur le moment où le calcaire a commencé à se déposer. Elle permettra de savoir si les dépôts sont antérieurs ou non à l'établissement gallo-romain qui se trouve à quelques mètres seulement en aval. Peut-être que la source et/ou ses dépôts calcaireux ont été exploités à l'époque romaine. Les dépôts de Direndall eux, se sont mis en place il y a environ 10.000 ans.



## ARCHÉOLOGIE DE SAUVETAGE: RÉSULTATS, PROBLÈMES ET PERSPECTIVES

L'Administration des Ponts & Chaussées contribue depuis une bonne décennie à la connaissance de notre histoire et de notre environnement grâce aux recherches scientifiques qui accompagnent ses projets d'aménagement. Elle est le premier grand aménageur du territoire et l'un des seuls à assumer ses responsabilités à l'égard du patrimoine archéologique, en ayant mis en place et développé une politique d'archéologie préventive. Les résultats en sont concluants, avec à la clé des découvertes d'intérêt majeur pour l'archéologie luxembourgeoise et même européenne. Il suffit de mentionner le village et les deux sépultures néolithiques d'Altewies «op dem Boesch», la tombe aristocratique de Flaxweiler, les conduites de type Qanat à Noertzange, Frisange et Emerange. Il est évident que les contraintes des grands chantiers de construction ne laissent pas toujours la liberté d'action souhaitée aux archéologues et que parfois, il faut faire des choix, faute de temps,

# recherches archéologiques

## route du nord

de personnel ou d'infrastructures. L'un des problèmes de l'archéologie de sauvetage sur la voirie luxembourgeoise est le traitement «après-fouille» des données enregistrées qui accuse des retards importants. En effet, les ateliers de restauration du Musée national d'Histoire et d'Art (MNHA), à qui incombent les travaux de lavage et de restauration du mobilier archéologique n'étant plus à même d'assurer leur mission dans des délais convenables, faute de personnel qualifié et d'infrastructures, les retards dans les publications des fouilles s'accumulent. Rappelons à ce titre que les publications font partie intégrante du travail de l'archéologue et qu'une fouille n'a pas de la valeur que si elle est publiée.

L'archéologie sauvetage telle qu'elle a été pratiquée de manière exemplaire sur l'autoroute de la Sarre et à un degré moindre sur la Nordstrooss, a permis de reconnaître la vraie richesse archéologique du sous-sol luxembourgeois.

Si on considère que moins de 3 % des aménagements du territoire national font l'objet de contrôles ou d'études archéologiques et qu'il n'y a aucune loi qui oblige

l'aménageur à soumettre son projet au Ministère de la Culture, respectivement aux services archéologiques du MNHA, on peut facilement imaginer les destructions que subit notre patrimoine au quotidien. Il est indispensable de combler au plus vite ces lacunes législatives et de mettre en place une archéologie nationale préventive digne de ce nom, à l'image de celle qui existe déjà dans certains de nos pays voisins.



ministère des travaux publics  
4, bd F.D. Roosevelt  
L - 2940 luxembourg

administration des ponts et chaussées  
division centrale de la voirie  
26, rue adames  
L - 1114 luxembourg



## les bureaux d'études

- LUXCONSULT s.a.  
21, rue glesener  
L - 1631 luxembourg
- bureau d'études / ingénieurs conseils  
TR - ENGINEERING s.a.  
86-88, rue de l'égalité  
L - 1456 luxembourg
- ingénieurs-conseils  
LUXPLAN s.a.  
SIMON & iCHRISTIANSEN s.a.  
rue pafebruch  
L - 8308 capellen
- BEST ingénieurs-conseils s.à.r.l.  
SOLUXTEC  
2, rue des sapins  
L - 2513 senningerberg

château d'eau stafelter

- atelier d'architecture & de design  
CLEMES JIM s.a.  
120, rue de luxembourg  
l - 4221 esch-sur-alzette

- architectes GUBBINI & LINSTER  
14, rue robert stümper  
l - 2557 luxembourg

- architectes et urbanistes  
HOFFMANN ROMAIN s.à.r.l.  
38, rue ermesinde  
l - 1469 luxembourg

viaduc glaasbuurgronn  
viaduc grousheck

- architectes  
LAVIGNE CHARLES - MONTOIS CHARLES  
189, rue armand sylvestre  
f - 92400 courbevoie

tunnel gouselerbiere  
tunnel grouff  
tunnel stafelter

**informations actualisées:**

- [www.pch.etat.lu](http://www.pch.etat.lu)

**- centre d'information route du nord tunnel gouselerbiere**

ouvert	mardi:	14.00 - 18.00
	vendredi:	14.00 - 19.00
	premier samedi de chaque mois:	9.00 - 13.00

réservation ( groupes ) tel: 26 33 65 -39

tunnel gousselerbiereg  
excavation par minage - 116 trous de mines





tunnel gousselerberg - entrée nord vallée de la mamer

ministère des travaux publics  
administration des ponts et chaussées  
division centrale de la voirie

15,04 km



luxembourg/kirchberg - mers  
route du nord