



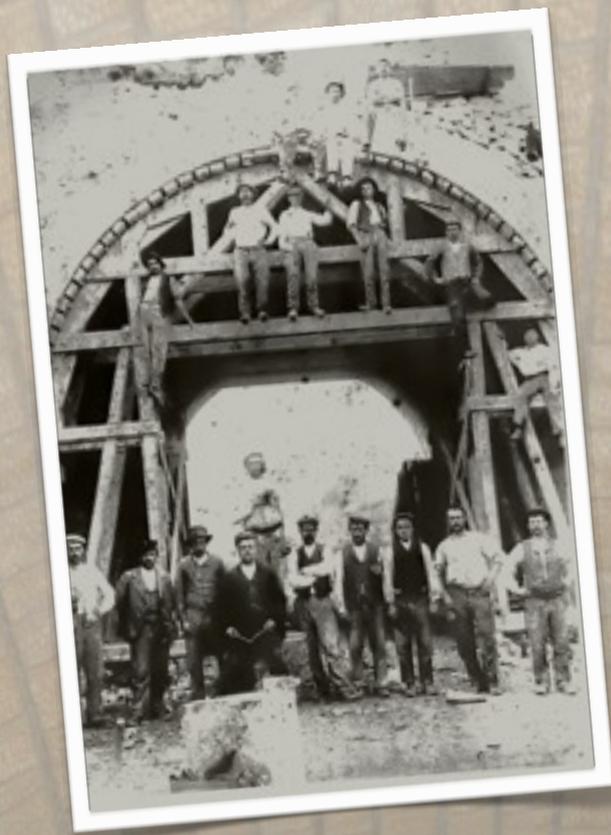
MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DES INFRASTRUCTURES
Administration des ponts et chaussées

Restauration Ouvrage d'Art N° 627

Drai Brecken

Hobscheid - Eischen

Drai Brecken



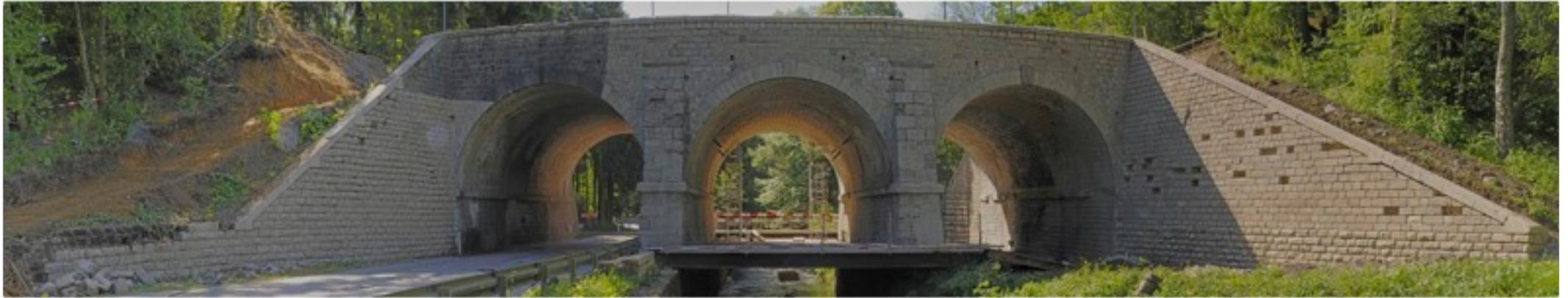
1874

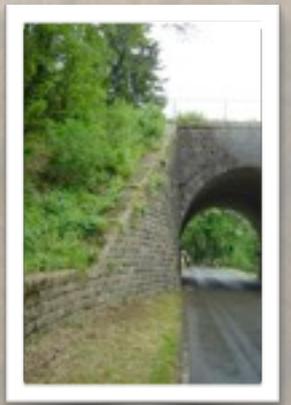


2010

Restauration des „Drai Brecken“

L'ouvrage sur l'Eisch à Hobscheid-Eischen est un pont à 3 arches en plein cintre de 7 mètres d'ouverture chacune. Ce sont ces trois arches qui, dans le langage populaire, lui ont conféré le nom de 'Drai Brecken'. Le pont fait partie du patrimoine culturel de la commune de Hobscheid et a été inscrit en 2003 dans l'inventaire supplémentaire des immeubles et objets classés monuments nationaux. Il est dès lors essentiel que certains principes doivent présider à sa conservation et sa restauration, principes qui sont notamment repris dans 'Monuments et Sites, Chartes Internationales sur la Conservation et la Restauration' édité par ICOMOS (International Council on Monuments and Sites). Une de ces chartes, sans doute la plus connue, est la 'Charte de Venise, Charte Internationale sur la Conservation et la Restauration des Monuments et des Sites (1964)' qui demande en outre une documentation des travaux de restauration et en recommande sa publication. Ce qu'on se propose de faire avec cette brochure.





De Feierwon

Michel Lentz composa cette hymne patriotique exprimant pour la première fois un sentiment national luxembourgeois et un désir d'indépendance pour le 04 octobre 1859 à l'occasion de l'ouverture des premières lignes de chemin de fer luxembourgeois (Luxembourg – Arlon et Luxembourg – Thionville). Le pays se trouve en plein essor économique pour passer d'une région extrêmement pauvre qu'elle était encore dans la première moitié du 19^{ième} siècle à l'une des plus riches d'Europe avant la Première Guerre Mondiale. L'évolution des budgets des recettes était de 2,6 millions de francs à 20 millions de 1843 à 1913. La raison en fut son appartenance au Zollverein, l'utilisation du minerai du bassin d'Esch (minette) et l'introduction du procédé Thomas rendant apte ce minerai phosphoreux à la fabrication de l'acier.

L'expansion de l'économie du Luxembourg fut telle qu'en 1900 la production de minerai atteignait le tiers de la production du Zollverein entier alors que la fonte représentait 1/8^{ième} de la production totale de l'union. En 1914 le Luxembourg, autrefois si pauvre n'avait plus de problèmes financiers (la fortune nationale était estimée à 3 milliards or; le revenu national par tête s'élevait à 11.568 francs or; la dette publique de 22 millions représentait un budget annuel, ce qui donnait un endettement de 83 francs or par tête d'habitant).

Pour en arriver là, il fallait se munir de moyens de transport adéquats. En effet, en 1840, le pays ne comptait que 150 km de chemins délabrés. Entre 1843 et 1867 l'Etat rénova les chemins existants et ajouta 660 km de routes nouvelles. Mais ce fut avant tout l'impact des chemins de fer qui fut foudroyant. Le chemin de fer rendit possible l'échange charbon minerai avec la Ruhr et fut à l'origine de la sidérurgie moderne dans le bassin eschois.

Mais sa construction fut constamment un souci, sinon un scandale. Par manque de capitaux, et à défaut d'avoir vu à temps les développements sidérurgiques (notamment l'échange minerai – charbon) l'affaire était mal engagée. La construction des chemins de fers luxembourgeois fut donc lancée avec un très fort retard par une loi de 1850. Un concessionnaire, trouvé après 5 ans de recherches – les entreprises Favre et Jouve de Nancy – mit sur pied la 'Société Royale Grand-Ducale des chemins de fer Guillaume Luxembourg' au capital de 35 millions. La banqueroute du collecteur de fonds Mirès obligea l'Etat à verser huit millions de francs pour la continuation des travaux et à contracter ainsi son premier emprunt.

Il restait cependant un fait que le bassin eschois, donc le coeur de l'industrie sidérurgique était mal desservi par le système radial que fut le Guillaume Luxembourg et que de larges contrées

étaient situées trop loin de ces lignes et partant étaient défavorisées.

L'idée vint rapidement de créer un second réseau complémentaire dont la structure était pressentie être un anneau desservant les régions rurales et le bassin minier et croisant en plusieurs points des lignes principales existantes. D'où la désignation de 'Chemin de Fer de Ceinture' (Gürtelbahn). Les revenus que le volume des transports expectés promettait n'était pas de nature à encourager des investisseurs à s'aventurer dans la construction et l'exploitation de ce réseau. Pour cette raison, l'Etat Luxembourgeois déclarait accorder des concessions minières sur le gisement de minerai de fer dont l'exploitation venait de débiter au Sud du pays. A la différence des autres concessions minières, où le minerai devait être traité au Luxembourg même, celui extrait dans les concessions "chemin de fer" pouvait être exporté librement ce qui en augmentait largement l'attrait. C'est ainsi que les milieux industriels belges sous la houlette de l'investisseur et spéculant Simon Philippart vinrent sur le plan.

La société des Chemins de Fer et Minières Prince Henri commença à exploiter ses premières mines en 1873. Son sigle était PH.

Cette raison sociale rend hommage au Prince Henri des Pays-Bas, frère du roi Guillaume des Pays-Bas, Grand-Duc de Luxembourg et qui exerçait la fonction de lieutenant pour notre pays. Dans cette



mission le prince se souciait du développement économique du Luxembourg et accordait son appui à toutes les initiatives allant dans ce sens.

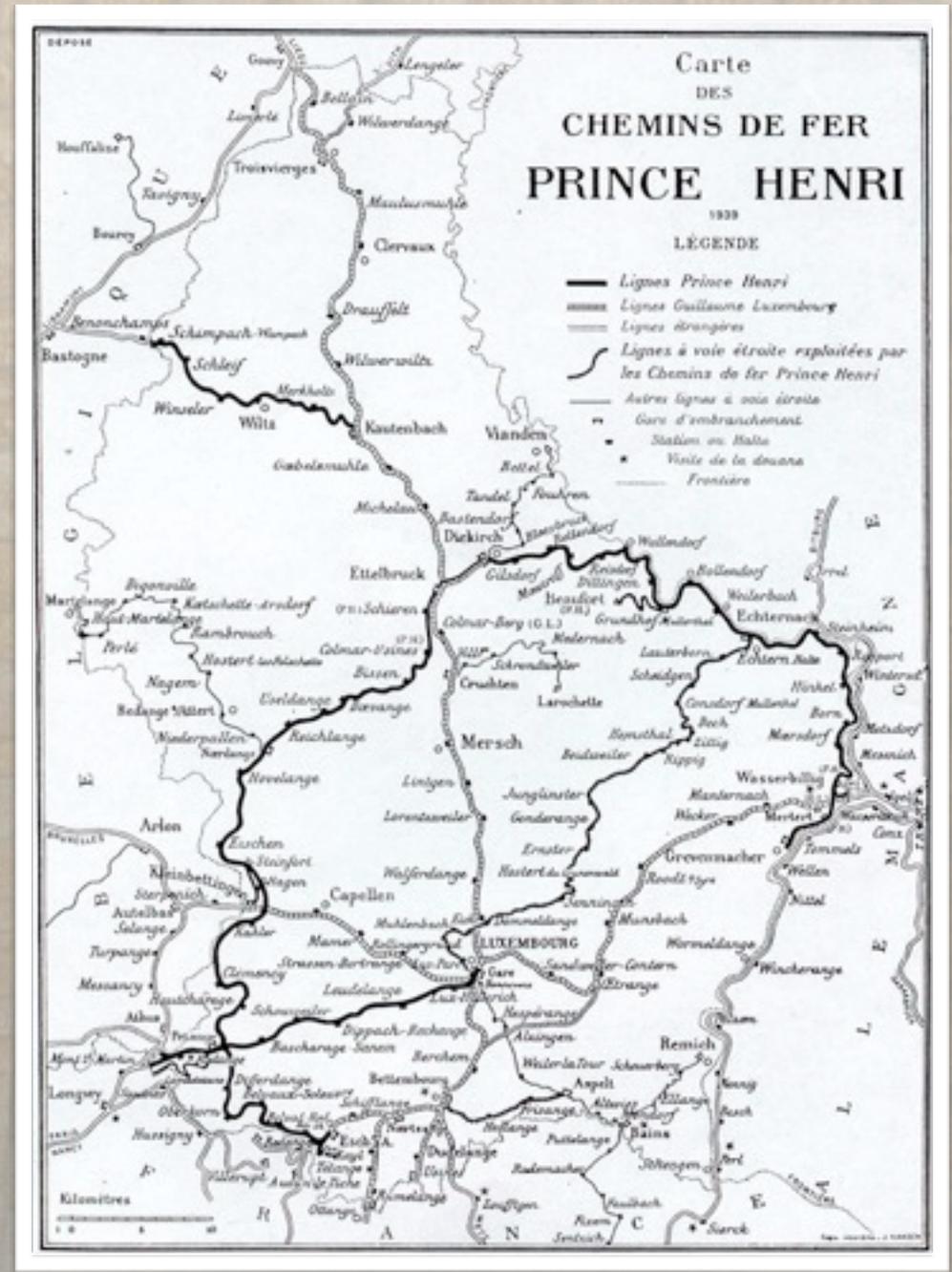
Le centre administratif et technique du réseau PH était Pétange. Au fil des années les installations étaient agrandies et adaptées au trafic croissant.

Mais, les affaires de Philippart périclitèrent de sorte qu'en 1874, 89 kilomètres seulement sur les 230 prévus étaient terminés. En 1880 il y en eu 140, réalisés grâce à des injections massives et non prévues de fonds public.



Locomotive PH 5 "La Maragole" à Eischen

C'est dans ce contexte que fut entamée la construction de la ligne de l'Attert. Quoique la portion du tronçon entre Steinfort et Hovelange – dont le tunnel de Hobscheid et les 'Drai Brecken' – ne soit approuvé définitivement que le 24 août 1875, les travaux préparatoires pour la construction du tunnel ont commencé déjà au début de 1874 lorsqu'on était certain que le percement d'un tunnel était la seule voie de passage des hauteurs de la "Kraizerbuch" pour arriver à Noerdange.





Ces dates sont importantes, parce qu'on va voir par la suite que les 'Drai Brecken' furent construits au moyen des pierres 'que l'ouverture de la tranchée qui précède immédiatement le pont avait mis à jour lors de la première période de construction'. Le début des travaux pour les 'Trois Ponts' doit donc être situé vers 1874. Les travaux furent achevés en 1878. Il fut déclaré apte à la circulation ferroviaire en 1880 dont il fut désaffecté en 1969.

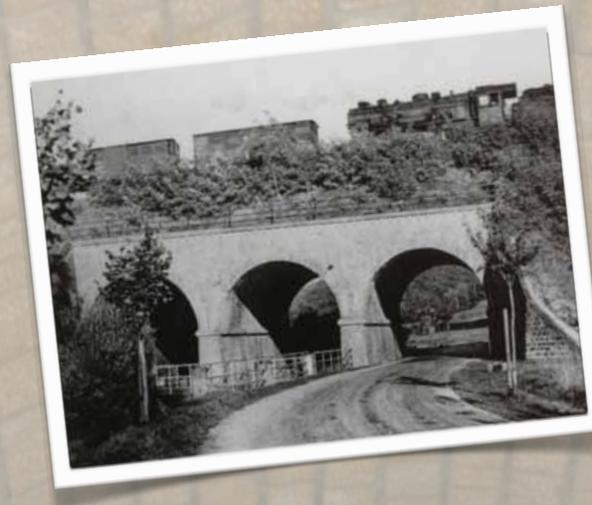
"... le tout se trouve dans un état de bouleversement complet"

Si la construction des chemins de fer en général fut constamment en souci, la construction et l'exploitation des 'Drai Brecken' ne le furent pas moins.

Ainsi, le pont, achevé en 1878, avait déjà subi après deux ans d'existence des dommages considérables par suite des gels importants dans les deux hivers rigoureux de 1878/1879 et de 1879/1880. Les dégâts relevés consistaient dans des éclats de pierres dans les chaînes d'angle des piles et dans l'intrados des voûtes et dans des lézardes béantes dans les murs en aile.

Une lettre du Commissaire aux Chemins de Fer au Ministre d'Etat qui se veut apaisante et pourtant significative:

"En ce qui concerne les ouvrages d'art sur l'étendue qui précède le tunnel, le pont sur l'Eisch est le seul dont je crois devoir m'occuper. C'est un ouvrage à trois arches en maçonnerie et gros moellons; par l'un des passages a été opéré la déviation du chemin qui conduit à Hobscheid. Les parements des piles, culées, voûtes et tympans sont en pierre blanc du calcaire infraliasique que l'ouverture de la tranchée qui précède immédiatement le pont avait mis à jour lors de la première période de la construction.



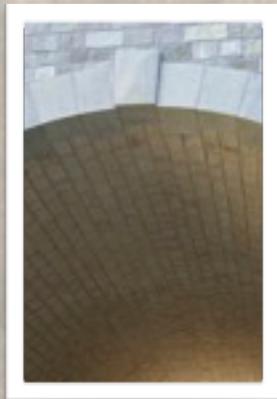
A diverses reprises certains doutes au sujet de la durée et de la solidité de ces matériaux avaient trouvé leur expression dans des rapports de l'administration des travaux publics ainsi que dans quelques-uns de nos comptes-rendus sur l'état d'avancement des ouvrages de la ligne. Cependant, l'inspection à laquelle le pont vient d'être soumis

avant-hier d'une façon encore plus complète qu'autrefois me semble propre à ne plus laisser subsister les mêmes doutes sur la résistance de l'ouvrage. On ne peut constater qu'un ramollissement très superficiel de certaines têtes de moellons, à mon avis plusieurs couches de silicates suffiraient pour empêcher à l'avenir toute altération de cette nature. En présence de ces dégradations relativement peu nombreuses et peu importantes après deux hivers rigoureux auxquels le pont venait d'être exposé, j'estime qu'il peut être considéré comme répondant, en moins en ce moment et pour une période assez prolongée, aux exigences et la sécurité de l'exploitation".

Pour accéder au pont la construction de remblais fort importants fut inévitable. Ils furent érigés en majeure partie avec des matériaux marneux et argileux trouvés sur place provenant des déblais de la tranchée nécessaire à la sortie de la situation d'Eischen ('Op dem Brühl' et 'Enner Hausbësch').

Le pont nécessita aussi tant la déviation de l'Eisch que du chemin reliant Eischen à Hobscheid dont le nouveau tracé faisait pratiquement un angle droit aux deux sorties du pont.

Le joli site naturel d'aujourd'hui est donc en réalité un site complètement artificiel fait par l'homme.



Quoiqu'il en soit, dès le début ces talus artificiels, aussi bien en remblai qu'en déblai, surtout en amont du pont couvaient des problèmes. Ainsi, le conducteur des travaux publics Siegen fait état dans son rapport de vérification de la voie, adressé le 5 avril 1880 à Monsieur Worré, Ingénieur d'arrondissement à Luxembourg, que la voie a subi des changements par suite des éboulements très considérables des talus. Dans ce même rapport il relève que *"tous les moyens employés pour consolider les remblais du grand pont sur l'Eisch n'ont produit aucun effet. La base du remblai composé de marnes du calcaire infraliasique s'est de nouveau délayée par suite du dégel en s'élargissant, de là, un affaissement de tout le remblai, à ce point qu'à un endroit sur la droite, en deçà du pont, l'éboulement part à la distance de 0,30 m du rail. Le dégel a également occasionné beaucoup de dégâts dans les talus des tranchées, depuis le pont jusqu'au tunnel (Brausch et Uechtlach), les perrés et contreforts en maçonnerie sèche n'ont pu résister, le tout se trouve dans un état de bouleversement complet"*.

Dans une lettre du 15 avril 1880, encore au Ministre d'Etat, l'Ingénieur en chef Sivering souligna qu'il n'avait pas péril en la demeure mais que l'état de la situation exigeait des mesures de précaution pour prévenir l'extension des dommages.

De toute façon, suivant d'autres rapports, les dégâts sont en majeure partie supprimés pour le 17

avril 1880, date prévue pour l'ouverture définitive de toute la ligne de l'Attert, mais un contrôle et un entretien permanent s'imposent.



Nonobstant ces précautions on doit revenir en charge courant 1905 pour remplacer une partie des pierres, pour rejointoyer l'intrados des voûtes, pour réparer des fissures dans les voûtes et pour

raccommoder, voire pour reconstruire à nouveau les chaînes d'angle des piles.

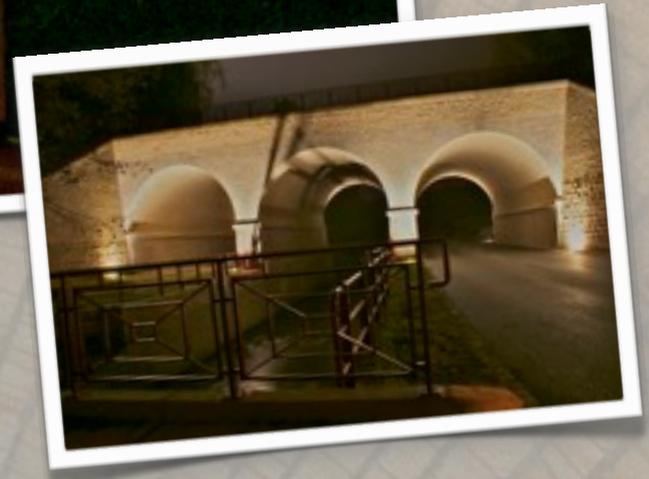
Comme la nouvelle route à angles droits est la cause de maints accidents dus à la visibilité réduite à l'entrée du pont, on se voit obligé en 1930 de redresser une nouvelle fois le cours de l'eau de l'Eisch et le tracé de la route vers Hobscheid. A cette occasion on provoque un important glissement de terrain 'Enner Hausbësch' de sorte que les travaux sont retardés pour longtemps. L'histoire d'il y a 50 ans auparavant s'est donc répétée.

En 1934 d'importants travaux de remise en état du pont durent à nouveau être engagés. A nouveau les chaînes d'angles des piles étaient à reconstruire, à nouveau l'intrados des voûtes était à réparer et à rejointoyer et une partie des voussoirs était à remplacer.

En 1969 le trafic ferroviaire sur le pont s'arrête.

Par convention du 20 août 1973 l'ouvrage est transféré du domaine ferroviaire des CFL au domaine de la Grande Voirie des Ponts et Chaussées.

En date du 16 mars 1984 le conducteur-inspecteur principal premier en rang de Capellen, par lettre à l'ingénieur d'arrondissement de Luxembourg donne une description alarmante du pont:



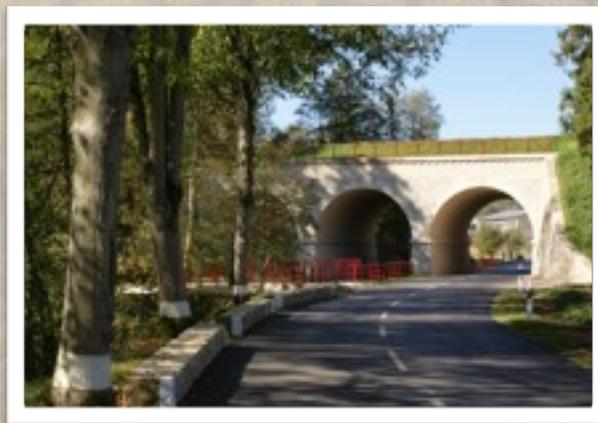
'... l'état du pont a empiré et de plus en plus de pierres se désagrègent des voûtes et tombent sur la route ... Si rien de précis n'était entrepris dans un délai rapproché il faudrait placer des deux côtés du pont un panneau spécial indiquant la possibilité de la chute des pierres à partir des voûtes afin de prévenir surtout les piétons du danger qu'ils courent en passant en-dessous du pont...'

Courant 1985 le pont est délesté et des travaux d'isolation sont effectués. Ces travaux ne contribuent cependant pas à améliorer la situation, au contraire.

Ainsi, par courrier du 14 mars 2001 au Ministre de la Culture, le Bourgmestre de Hobscheid s'inquiète de l'état de l'ouvrage: *'...Lors d'une récente visite sur place avec Monsieur Calteux du Service des Sites et Monuments, il a été constaté que l'ouvrage est dans un état plutôt délabré, qu'il est envahi progressivement par la végétation, ce qui contribue à sa destruction et en outre les pierres de la construction se détachent, devenant ainsi un risque de sécurité.*

Or, tant Monsieur Calteux que la commune sont d'avis que cet ouvrage mériterait d'être conservé et qu'il y aurait donc lieu de procéder à une remise en état...'

Par lettre du 09 août 2001 à Monsieur le Directeur des Ponts et Chaussée, l'ingénieur chef de division de la Division des Ouvrages d'Art, Guy Toussin, souligne que *'... l'ouvrage est dans un état alarmant qui met en cause sa durée de vie nécessite des travaux de réhabilitation totale à court terme si on veut le sauvegarder...'*



Par contrat d'ingénieur du 23 mai 2003 le Bureau Schroeder & Associés est chargé des études de réfection du pont. La soumission publique remportée par l'entreprise Lux T.P. eut lieu le 29 octobre 2008. Le début des travaux fut fixé au 06 avril 2009. La réception des travaux fut prononcée le 05 novembre 2010. L'ouverture officielle eut lieu le 19 novembre 2010.

A toutes les péripéties énoncées ci-avant il faut rajouter que courant 2008 et encore pendant l'hiver 2008 / 2009, un des murs en aile longeant la

route Hobscheid–Eischen avait subi des déformations telles qu'il menaçait ruine (les déformations allaient s'accroissant) et que la route eût dû être interdite au trafic si les travaux n'avaient pas débuté en avril 2009.

Quelles sont donc les raisons pour cette histoire du moins mouvementée des 'Drai Brecken'.

Sire Mon Roi ...

Monseigneur,

Il y a quelques queues d'ouvrages des Années dernières qui ne sont point finies et qui ne finiront point, et tout cela Monseigneur, par la confusion de causent les fréquents Rabais qui se font dans vos Ouvrages car il est certain que toutes ces ruptures de Marchés, Manquements de parole et renouvellements d'Adjudications ne servent qu'à vous attirer comme Entrepreneurs tous les misérables qui ne savent où donner de la tête, les fripons et les ignorants, et à faire fuir tous ceux qui ont de quoi et qui sont capables de conduire une Entreprise. Je dis plus qu'elles retardent et renchérissent considérablement les ouvrages qui n'en sont que plus mauvais, car ces Rabais et bons Marchés tant recherchés sont imaginaires...



Cette lettre du 17 juillet 1685 de Vauban à son ministre de tutelle Louvois qui la transmet au Roi-Soleil Louis XIV fut écrite lors d'un passage de Vauban au Luxembourg. Même si elle décrit une situation d'il y a quelque 200 ans avant la construction des 'Drai Brecken', elle peut être appliquée sans réserve à cet ouvrage eu égard notamment aux problèmes financiers auxquels la société des Chemins de Fer et Minières Prince Henri était confrontée à cette époque et au manque de moyens qui en résultait.

Ce qui revient à dire que la qualité d'exécution de l'ouvrage ne fut sans nul doute pas la meilleure. Des photos de l'époque du chantier en témoignent. Et c'est ce travail plutôt bâclé qui fut une des raisons majeures des dommages perpétuels qu'il a subis tout le long de son existence.

Ut pondet continuum flexile ...

Une autre raison est à chercher dans la statique de l'ouvrage et notamment dans sa structure voûtée.

Les constructions voûtées furent déjà connues en Mésopotamie vers les 4000 av. J. Christ. Les Romains en sont passés maîtres (Pont du Gard) sans qu'ils connussent pour autant les théories de leur dimensionnement. Ils procédaient au contraire par improvisation et par essais. Cette pratique empirique, qui se poursuivait tout au long du Moyen Age, aboutit

à plusieurs reprises à des mésaventures spectaculaires. Ce n'est qu'en 1670 que Robert Hooke de la Royal Society décrit pour la première fois l'analogie géométrique entre une chaîne suspendue et une arche. *"... ut pendet continuum flexile, sic stabit contiguum rigidum inversum ..."* ("As hangs the flexible line, so but inverted will stand the rigid arch") Et au mathématicien anglais David Gregory de rajouter en 1697 *"... none but the catenaria is the figure of a true legitimate arch... And when an arch of any other figure is supported, it is because in its thickness somme catenaria is included ..."*.



Alors même que l'équation de la chaînette ne fut mathématiquement correctement formulée par Bernoulli, Leibniz et Huygens que vers 1691 et que c'est seulement l'ingénieur français Paul Séjourné qui

la mit en pratique pour des ponts maçonnés au tout début du 20^{ème} siècle (cf. son oeuvre épique en six volumes, Grandes Voûtes, P. Séjourné 1913-1916), cette analogie de la chaîne et de l'arche nous explique très bien les problèmes statiques auxquels les 'Drai Brecken' furent exposés.

Imaginons en effet une chaîne suspendue par deux crochets à un plafond. Elle prend une forme particulière qui répond géométriquement à l'équation de la chaînette. Si on la soumet à un effort non symétrique elle se déforme, mais elle reprend intégralement sa forme initiale après que l'effort induit est éliminé. Il s'agit d'un corps flexible.

Si l'on suspend à cette même chaîne des poids, p.ex. dans tous les anneaux, elle ne se déforme guère, pourvu que les poids soient répartis symétriquement. Ce cas de figure peut être assimilé au poids propre et au poids du ballast auxquels est soumise normalement une voûte d'un pont de chemin de fer.

Si l'on suspend maintenant à la chaîne des poids dans les anneaux d'un côté seulement, donc de façon dissymétrique, elle se déforme instantanément. Ce cas de figure peut être assimilé au poids d'un train auquel est soumise une voûte d'un pont ferroviaire lorsque le train rentre sur l'ouvrage ou qu'il le quitte.

Si l'on suspend à cette chaîne un poids isolé dans un anneau, elle se déforme encore. Ce cas de



figure peut être assimilé à la force qu'une roue d'un train transmet à la voûte de l'ouvrage.

Si l'on déplace ou si l'on tourne le crochet auquel est suspendue la chaîne, elle se déforme également. Ce cas de figure peut être assimilé à la déformation de l'assise d'une voûte, soit-ce par tassement ou par rotation.

Or, contrairement à une chaîne qui est flexible, une voûte maçonnée qui est rigide ne peut que très difficilement assumer ces déformations induites. Ce qui s'est traduit aux 'Drai Brecken' par l'apparition de fissures dans l'intrados des voûtes dès sa mise en service.

Le sous-sol

Comme on l'a vu ci-avant le site actuel des 'Drai Brecken' n'est pas un site naturel mais il est fait par l'homme. Ainsi le lit de l'Eisch a été déplacé au moins à deux reprises et les talus au droit des deux culées sont remblayés.

Les fondations des piles se trouvent donc plus que probablement partiellement sur l'ancien lit de l'Eisch. Le sol de fondation n'est donc pas homogène.

En plus il s'agit d'un sous-sol argilo-marneux consolidé différemment. Un tel sol, en s'imbibant

d'eau, peut, à l'instar d'une éponge, gonfler, resp. dégonfler en fonction du gradient hydraulique c'est-à-dire en fonction des crues de l'Eisch. Or, ces crues, on le sait, peuvent être importantes.

Enfin, les fondations des piédroits sont faites de pierres baignant dans un mortier de chaux. Or, on sait aujourd'hui qu'un mortier de chaux, même de chaux hydraulique, ne prend pas, ou que très lentement s'il n'est pas exposé à l'air. Ce qui est le cas pour une fondation. Les fondations des 'Drai Brecken' ne forment donc pas des blocs homogènes mais plutôt des agglomérats hétéroclites de pierres peu liées.



L'inhomogénéité du sol de fondation, sa tendance à des mouvements alternatifs de va et vient en fonction des crues de l'Eisch et les fondations plutôt amoncelées que maçonnées des piliers ont fait que l'ouvrage fut soumis dès le début à des déformations parasites, assimilables aux

déplacements des crochets de la chaîne suspendue, qui devaient inévitablement se traduire par des désordres importants. Les dommages presque perpétuels aux chaînes d'angles des piles en témoignent.

S'y rajoutent les poussées des terres des talus latéraux, remblayés avec des matériaux argileux. Au moins à deux reprises des glissements de terrain importants sont décrits. Ces talus sont donc fortement instables et ils ont encore failli renverser pendant l'hiver 2008 / 2009 un des murs en aile longeant la route Hobscheid – Eischen.

Notons cependant qu'il faut estimer qu'entre-temps aussi bien le sol de fondation que les fondations à proprement parler ont trouvé leur équilibre et qu'il ne faut plus s'attendre à des problèmes ce concernant.

Il gèle à pierre fendre

Les pierres utilisées pour la construction des 'Drai Brecken' ne provenaient pas d'une carrière, mais de la trémie d'entrée du tunnel d'Eischen. Il s'agit, contrairement aux affirmations du Commissaire aux Chemins de Fer dans sa lettre précitée au Ministre d'Etat, de pierres gréseuses et non de 'pierres bancs de calcaire'. Elles sont issues de la base du grès d'où émergent beaucoup de sources. Elles sont donc



ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

Situation préexistante

ALTERATION CHROMATIQUE & DÉPÔT

Efflorescence

L'efflorescence est un amas de cristaux habituellement blancs, d'aspect poudreux, aciculaire ou filamenteux. Ces cristaux sont localisés en surface de la pierre, sont peu cohérents et constitués de sels solubles.

Détail d'efflorescence en poudre, résultant du transfert puis de l'évaporation superficielle d'eau contaminée par des sels qui ont vraisemblablement une base carbonatée.



Base de référence : Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. © ICOPDS-ISCIS

Phénomènes de détérioration



ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

Situation préexistante

DÉTACHEMENT

Désagrégation

La désagrégation est un détachement de grains individuels ou d'agrégats de grains. Normalement affecte la surface des pierres jusqu'à une profondeur de plusieurs centimètres.

Exemple de désagrégation granulaire de la pierre de parement en Grès d'Ermen; dans ce cas, les matériaux détachés s'accumulent au dessous des zones affectées.



Base de référence : Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. © ICOPDS-ISCIS

Phénomènes de détérioration



ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

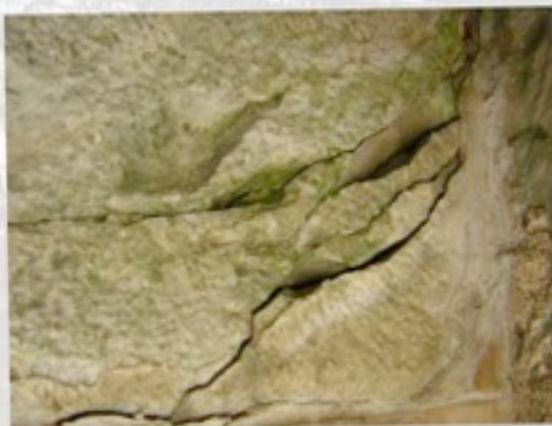
Situation préexistante

FISSURE & DÉFORMATION

Fissuration

Une fissure est un plan de rupture vu en coupe qui résulte de la séparation partielle d'une pierre en deux parties.

Fissuration de la pierre de parement des piédroits en Grès d'Ermen, qui peut avoir été créée en conséquence du surcharge produit par l'infiltration des eaux (rapport du 30/6/2009). Notons le mortier de rejointoiement adhérent et beaucoup plus dur que la pierre.



Base de référence : Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. © ICOPDS-ISCIS

Phénomènes de détérioration



ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

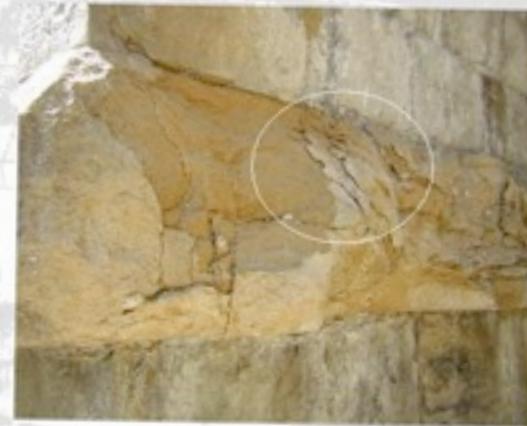
Situation préexistante

DÉTACHEMENT

Desquamation

La desquamation est une forme de détachement en écailles de pierre individuelles, indépendante de la structure de la pierre.

Particulier de desquamation, probablement issue d'un stade avancé de désagrégation granulaire. La pierre en figure est du Grès d'Ermen, utilisée sur un des piédroits comme corbeau pour l'appui de la voûte.



Base de référence : Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. © ICOPDS-ISCIS

Phénomènes de détérioration

poreuses et sans doute altérables. Cet état de fait fut connu dès le début. Il en fut question dans la lettre précitée.

En effet, tous les matériaux et notamment les pierres naturelles s'altèrent sous l'action simultanée des intempéries diverses auxquelles elles sont exposées. Ces facteurs d'altération sont en tout premier lieu le gel; viennent ensuite l'action dissolvante des eaux pluviales chargées d'anhydride carbonique, les retraits et dilatations alternatifs dus aux variations de température ainsi que l'action de certains organismes tels que les lichens ou microorganismes.

Cette dernière peut occasionner des ravages appréciables. S'y rajoute l'action des fumées de houilles et de produits pétroliers qui n'est pas un facteur naturel mais qui exerce de grands dommages dans et aux abords des centres urbains et industriels (Le charbon contient du soufre. La combustion du

charbon dégage de l'anhydride sulfureux. Celui-ci par temps de pluie ou de brouillard se transforme en acide sulfurique – H_2SO_4). Il résulte à priori de ceci que l'altération des pierres varie énormément suivant les climats. Extrêmement lente dans un pays chaud et sec, tel que l'Egypte, elle est par contre très énergique dans les pays tels que le nôtre où alternent constamment la pluie, la neige, le gel, l'insolation.

Certaines pierres qui se comportent parfaitement dans un climat déterminé résistent mal et sont gélives dans d'autres. Tel est le cas des pierres des 'Drai Brecken' qui, propices à se saturer d'eau, subirent déjà des dégâts importants dès le début des aux gels des hivers sévères de 1878 / 1879 et de 1879 / 1880, donc avant même la mise en service de l'ouvrage.

En effet, tout le monde sait qu'une bouteille remplie d'eau exposée au gel, se rompt. Cela est dû au fait que l'eau en se gonflant se dilate de 9 %. De

même l'eau contenue dans les pores de matériaux peut, dans certaines circonstances, amener la rupture ou l'écaillage de ceux-ci. Chacun connaît l'expression "il gèle à pierre fendre" pour exprimer une forte gelée.

Quoiqu'il en soit, tous ces facteurs naturels ou occasionnés par l'homme ont causé dès le début et tout au long de son existence des altérations (=modification de la pierre n'impliquant pas nécessairement une dégradation de ses caractéristiques du point de vue de sa conservation) et des dégradations météoriques ou non (= modification chimique ou physique des propriétés intrinsèques de la pierre dus aux agents atmosphériques ou non, conduisant à une perte de valeur, de qualité ou à une entrave à son utilisation) importantes des pierres de l'ouvrage. De sorte qu'une bonne partie des pierres trouvées lors de l'actuelle restauration ne furent déjà plus les pierres originales.





ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

Situation préexistante

ALTERATION CHROMATIQUE & DÉPÔT

Patine

La patine est une modification chromatique superficielle, résultant d'une altération naturelle ou artificielle et donc n'impliquant généralement pas de dégradation visible.

Particuler de patine brune à noire, partiellement nettoyée, sur les tympans et contrefort en amont. Elle se serait formée sous l'effet prolongé des intempéries. Dans cette photo, elle apparaît associée à une colonisation biologique (plantes et lichens).



Base de référence = Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre - ICOMOS-ISCIS

Phénomènes de détérioration



ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

Situation préexistante

COLONISATION BIOLOGIQUE

Plantes

Les plantes développent leur système racinaire dans les joints et fractures où l'eau est accessible. En croissant, les racines participent à la fissuration voire fracturation des pierres.

Particuliers de colonisation par plantes, produisant avec leur racines une surpression sur les pierres de Gilsdorf du contrefort (a) et un véritable démantèlement des ornements du pont (b).



Base de référence = Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre - ICOMOS-ISCIS

Phénomènes de détérioration



ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

Situation préexistante

COLONISATION BIOLOGIQUE

Algues et lichens

Ils sont des organismes et structures végétaux se développant généralement sur les surfaces adernes de monuments et édifices, où la surface reste humide pendant de longues périodes.

Exemple de colonisation des murs en retour, par algues et lichens, créant un véritable couche d'altération. Leur prolifération et successive pénétration dans la pierre peut apporter des phénomènes de dégradation.



Base de référence = Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre - ICOMOS-ISCIS

Phénomènes de détérioration



ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSEES
Démolition et reconstruction du pont sur l'Eisch à Hobscheid

Situation préexistante

FISSURE & DÉFORMATION

Fracturation

Une fracture est une fissure traversant complètement une pierre.

Détail du degré élevé de fracturation de la pierre de parement en calcaire gris-bleu (mise en place pendant une des dernières réfections). Les causes: phénomènes d'infiltration et stagnation de l'eau et une mauvaise qualité de la pierre.



Base de référence = Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre - ICOMOS-ISCIS

Phénomènes de détérioration

Les altérations et dégradations constatées furent les suivantes:

- Fissures et déformations:
 - fissuration
 - fracturation
- Détachements:
 - désagrégation
 - fragmentation
 - épaufrure
 - desquamation
- altérations chromatiques et dépôts
 - efflorescence
 - encroûtement (concrétion)
 - patine
- Colonisation biologique
 - algues et lichens
 - plantes

Le mortier utilisé à l'époque de la construction des 'Drai Brecken' fut du mortier de chaux. Il est plus poreux que les mortiers de ciment actuels et donc propice à se saturer d'eau qui peut le détruire par l'action du gel ou tout simplement le délayer. Ce qui est le cas aux 'Drai Brecken', puisque du mortier original on n'en a plus trouvé. Il a été remplacé au fil des années par des vides.

A ces défauts de matériaux il faut rajouter des défauts de travail de la pierre. S'il est vrai que les faces apparentes des moellons et des pierres des voûtes furent bien taillées et bien travaillées, il n'en fut rien

des autres faces latérales intérieures. De sorte que les efforts de compression considérables que devaient transmettre les joints des pierres des voûtes se répartissaient fort inégalement à leurs surfaces. Ce qui menait à des sollicitations locales dépassant la résistance à la compression des pierres et partant à leur fissuration et à leur éclatement.



Les travaux de délestage de 1985

Les travaux de délestage de 1985 ne furent pas bénéfiques à l'ouvrage. En effet, en enlevant du poids on a diminué les efforts de compression dans le pont et on a accéléré ainsi la création de vides pouvant se gorger d'eau. Pis encore, on a créé un point bas sur l'ouvrage même vers lequel on drainait à présent toutes les eaux des talus limitrophes. Dans sa lettre à Monsieur le Directeur des Ponts et Chaussées du 09

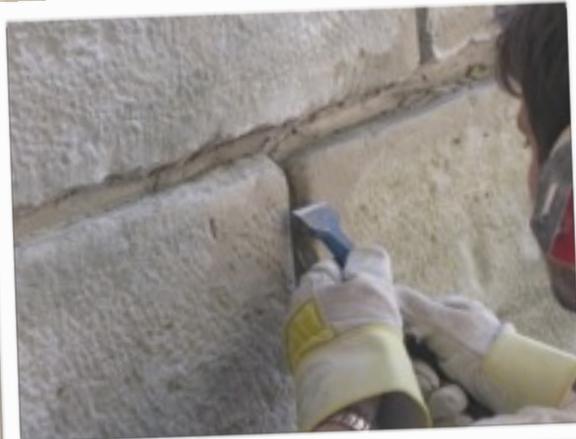
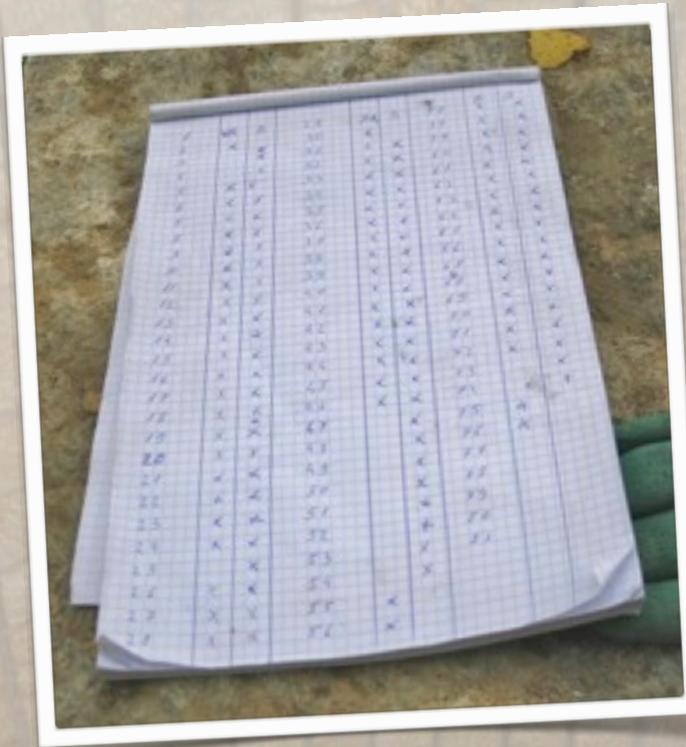
août 2001 précitée, l'ingénieur Guy Toussin souligne: '*...il faut donc impérativement éliminer l'origine des désordres, à savoir les infiltrations d'eau de pluie – au moins 500 m³/an – quiaturent, détruisent par le gel et lessivent la maçonnerie du pont ...*'.

Le projet et les travaux de restauration

Le 17 novembre 2005 le projet de restauration fut présenté aux représentants des Sites et Monuments et de la Commune de Hobscheid.

Aux termes de l'article 10 de la Charte de Venise, '*... la consolidation d'un monument peut être assurée en faisant appel à toutes les techniques modernes de conservation et de construction dont l'efficacité aura été démontrée ...*'. Ces techniques modernes doivent toutefois '*... s'intégrer harmonieusement à l'ensemble, tout en se distinguant des parties originales, afin que la restauration ne falsifie pas le document d'art et d'histoire ...*' (article 12). Et l'article 13 poursuit '*... les adjonctions ne peuvent être tolérées que pour autant qu'elles respectent toutes les parties intéressantes de l'édifice, son cadre traditionnel, l'équilibre de sa composition et ses relations avec le milieu environnant ..*'

Pour satisfaire aux deux critères d'une restauration qui respecte d'un côté les critères visés ci-



Références:

- *Chartes Internationales sur la Conservation et la Restauration – Conseil International des Monuments et des Sites (ICOMOS)*
- *Histoire du Grand-Duché de Luxembourg – Christian Calmes et Danielle Bossaert*
- *The History of the Theory of Structures – Karl Eugen Kurrer*
- *Erhaltung und Umbau historischer Tragwerke – Detlef Böttcher*
- *Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke – Sonderforschungsbereich 315, Universität Karlsruhe*
- *Les pierres naturelles de construction – Carl Cameron*

dessus et qui consolide d'un autre côté l'ouvrage en remédiant une fois pour toutes à ses défauts, la seule solution économiquement envisageable fut le démantèlement complet, mais contrôlé de sa superstructure qui n'était pas seulement complètement pourrie par l'action de l'eau mais qui représentait en plus une source constante de dangers pour les usagers à cause de la chute incontrôlée et incontrôlable d'écaillés de pierres de plus en plus importantes.

Les pierres de parement furent donc soigneusement démontées, examinées quant à leur degré d'altération, rebutées quant leur dégradation fut telle qu'il fallait exclure tout réemploi et numérotées quand leur réemploi semblait envisageable.

Un deuxième examen eut lieu après les avoir étalées quelque temps à l'air, donc aux conditions atmosphériques ambiantes. Il s'avéra que cette

précaution fut indiquée puisqu'une bonne partie des pierres jugées encore peu altérées lors du premier examen furent maintenant complètement fissurées.

Un troisième examen des pierres restantes, opéré juste avant leur réemploi ne révéla plus de tels désordres.

Les pierres ainsi récupérées furent soigneusement nettoyées et réintégrées dans l'ouvrage. Les pierres défectueuses, donc manquantes, furent remplacées par des pierres taillées en provenance des carrières d'Ernzen et de Gilsdorf (Grès de Luxembourg).

L'ouvrage fut muni d'un noyau en béton armé apte à résister à toutes les sollicitations et à toutes les déformations auxquelles il se verra exposées dans le future. Les murs en aile menaçant ruine furent consolidés définitivement. Les vides dans les piliers

furent injectés. Un grand soin fut mis sur l'étanchéité de l'ouvrage et sur l'évacuation contrôlée des eaux. Le mortier utilisé pour le lit de pose, les joints et le rejointoiement est un mortier bâtard qui a l'avantage d'être moins poreux que le mortier de chaux mais plus élastique que le mortier de ciment palliant ainsi tout délavage et tout écaillage des pierres de taille dû à une assise trop dure.

Le devis s'éleva à 1.657.607 € hors taxes.

Le montant des travaux s'élève à environ 1.530.000 € hors taxes.

*Administration
des Ponts et Chaussées*

*Division des Services Régionaux
de la Voirie Luxembourg*

Fernand LEY
ingénieur 1^{ère} classe

Charles CLOOS
ingénieur conducteur principal

Fernand KUGENER
ingénieur technicien inspecteur principal

*Administration
des Ponts et Chaussées*

Service géologique

Robert MAQUIL
ingénieur chef de division

*Bureau d'études
SCHROEDER & Associés
Ingénieurs Conseils*

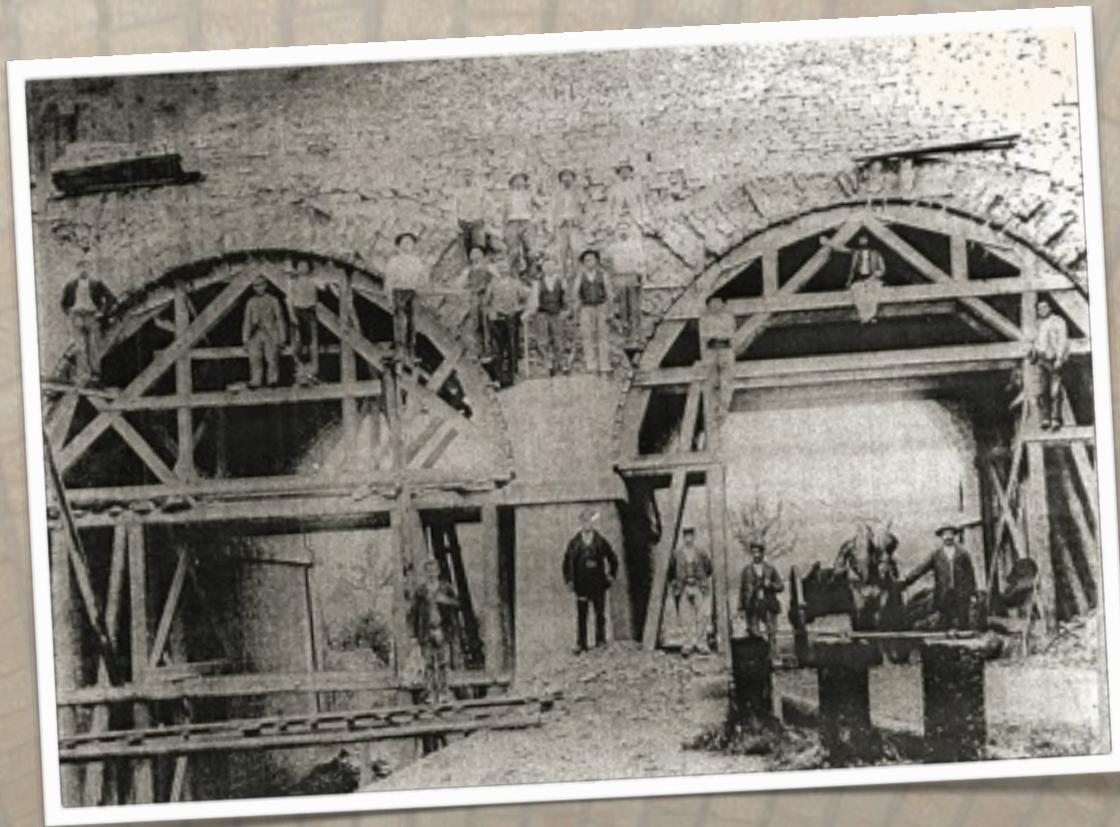
Service Ouvrages d'Art

Fernand HUBERT
administrateur
ingénieur chef de service

Daniel VANDERKELEN
ingénieur en chef

Dante DA POS
direction des travaux

Drai Brecken



S Schroeder & Associés
Conception, texte, layout et photos:
Schroeder et Associés - ingénieurs conseils
8, rue des Girondins - L-1626 Luxembourg