OFFICE FEDERAL DES ROUTES
mandat de recherche nº 53/89

ETUDE DES PROBLEMES LIES A LA SUPPRESSION OU A LA DISCONTINUITE DES BANDES D'ARRET D'URGENCE LORS DE LA REALISATION D'UNE VOIE ADDITIONNELLE DANS CHAQUE SENS DE CIRCULATION D'UNE AUTOROUTE SANS MODIFICATION NOTABLE DE LA PLATE-FORME EXISTANTE

1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

En date du 19 juin 1989, l'Office fédéral des routes (OFR) a chargé le Laboratoire des voies de circulation (LAVOC) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne de l'étude suivante :

> "Effectuer une étude bibliographique de l'influence de la présence de voies d'arrêt d'urgence ou de leur absence sur la sécurité et l'exploitation des autoroutes avec 3 voies par sens de circulation. Le travail sera complété par une étude de réalisations suisses et étrangères et par la préparation de recommandations".

Le rapport ci-après présente les résultats de cette étude. Il tient compte, entre autres:

- de l'influence de la géométrie, en particulier des déclivités, du caractère de la route et de la longueur du tronçon,
- d'éventuels systèmes de surveillance et de guidage du trafic,
- des caractéristiques du profil en travers : largeur et aménagement du terre-plein central, largeurs des voies de circulation, largeur des bandes d'arrêt d'urgence et des accotements, présence de glissières de sécurité et de murs, etc..
- des conditions particulières dans les zones d'ouvrages d'art : ponts, passages supérieurs et inférieurs.

2. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 Démarche

Une enquête bibliographique DIRR/IDS détaillée a permis d'indentifier 67 publications différentes qui traitent plus ou moins spécifiquement les problèmes soulevés par cette étude (voir **annexe 1**, résumé des recherches de documentation).

L'analyse des 67 résumés correspondants a permis d'identifier une vingtaine d'articles, respectivement d'ouvrages, qui contiennent des indications en relation directe avec les questions posées dans le cadre du présent mandat. Quatre de ces ouvrages datant des années 1945 à 1955 n'ayant pu être trouvés, l'analyse s'est finalement concentrée sur les 16 textes qui sont énumérés à l'**annexe 2**. Par ailleurs, trois rapports internes qui n'ont pas fait l'objet d'un enregistrement DIRR ont été pris en compte.

Bien qu'aucune des publications de l'annexe 2 ne traite de façon globale et exhaustive les questions qui nous préoccupent, elles contiennent toutes des indications plus ou moins détaillées sur l'une ou l'autre de celles-ci.

Pour chaque publication, le paragraphe **2.2** met en évidence le ou les points développés dans le texte original, qui présentent un intérêt particulier pour notre étude. Le paragraphe **2.3** aura pour objet de regrouper et de confronter les différents points de vue exprimés par les auteurs.

2.2 Informations significatives contenues dans les publications analysées

[1] Zur Frage des Dreispurigen Ausbaus von Bundesautobahnen
D. Zweck, 1972

L'auteur démontre que la transformation d'une autoroute composée de 2 x 2 voies **avec** bandes d'arrêt d'urgence (B.A.U.) (Regelsquerschnitt RQ 30) en autoroute composée de 2 x 3 voies **sans** bandes d'arrêt d'urgence permet une augmentation de la capacité de plus de 50 %. Par contre, la sécurité du trafic est influencée défavorablement par une telle mesure (pas d'indications statistiques précises dans l'article). Une comparaison des coûts présumés par rapport à ceux nécessaires pour une réalisation avec B.A.U. (Regelquerschnitt RQ 37,5) conduit l'auteur à la conclusion que l'économie potentielle n'est pas justifiée si l'on tient compte de la diminution de sécurité. Le choix du profil RQ 37,5 avec bandes d'arrêt d'urgence est judicieux.

[2] Paved Highway Shoulders and Accident Experience
Heimbach, Hunter and Chao, 1974

Se basant sur l'analyse des statistiques d'accidents du réseau routier de North Carolina pendant une période de 4 ans, les auteurs proposent une méthode de calcul de la relation coûts-bénéfices pour différents profils routiers avec des accotements stabilisés plus ou moins larges et des charges de trafic variables. Les calculs sont effectués pour des routes à 2 voies, circulées dans les 2 sens, et ne sont donc pas directement utilisables pour notre étude. Pour une route composée de 2 x 2 voies avec terre-plein central, les auteurs expriment néanmoins l'opinion que deux bandes d'arrêt d'urgence de 2,50 m de largeur ne peuvent être justifiées si l'on prend en compte uniquement les économies résultant de la réduction du nombre d'accidents.

[3] Partial-Lane Pavement Widening

Ce rapport traite les problèmes technologiques posés par un élargissement de voies de circulation existantes. Un élargissement latéral d'une largeur inférieure à 2 ft (0,60 m) représente une solution trop coûteuse, compte tenu des travaux nécessaires; par ailleurs, il est recommandé d'éviter des élargissements répartis sur les deux côtés de la chaussée existante, si la surlargeur nécessaire n'excède pas 1,20 m. Lors de la réalisation de travaux d'élargissement de chaussées, un accotement stabilisé large d'au moins 6 ft (1,80 m) doit être aménagé si cela n'entraîne pas de difficultés démesurées. L'élargissement de routes à 2 x 2 voies peut s'effectuer en réduisant la largeur du terre-plein central et(ou) de la B.A.U., à condition qu'une bande d'arrêt d'urgence large de 1,80 m au moins reste encore disponible.

[4] Modifying Freeway Geometries to Increase Capacity
W.R. Mc Casland, 1980

La méthode la plus économique et la plus aisée d'accroître la capacité d'une autoroute consiste à augmenter le nombre de voies. Compte tenu du profil normal habituel des autoroutes américaines, avec des voies de 3,70 m (12 ft) et une bande d'arrêt d'urgence de 3,10 m (10 ft), les solutions suivantes sont proposées :

a. <u>En zone urbaine</u> :

- réduction possible de la largeur des voies jusqu'à 3,20 m (10,5 ft) lorsque le trafic poids lourds est modéré,
- réduction tolérée de la largeur de la B.A.U. jusqu'à une largeur minimale de 1,8 m (6 ft), à condition qu'un dégagement latéral supplémentaire de 1,20 m soit assuré (accotement engazonné par exemple).

b. En zone rurale :

- la largeur des voies ne devrait pas être réduite en dessous de 3,40 m(11 ft),
- le maintien d'une bande d'arrêt d'urgence de 3,10 m de large est indispensable pour assurer la sécurité du trafic et surtout l'exploitation du système.

c. Sur les ouvrages d'art et sous les passages supérieurs, la bande d'arrêt d'urgence peut être interrompue localement. Une attention particulière doit alors être portée à la signalisation; une place d'arrêt particulière avant l'obstacle est alors vivement conseillée.

L'analyse détaillée de plusieurs tronçons, aménagés selon des profils différents, avec voies de circulation de largeur plus ou moins réduites et avec ou sans B.A.U., permet de tirer les conclusions suivantes :

- La réduction de la largeur des voies à 3,40 m ne provoque pas de difficultés notables. Une réduction plus forte encore (jusqu'à 3,20 m) ne peut, par contre, être envisagée que sur des distances réduites.

- Le maintien d'une B.A.U. sur le côté droit de chaque chaussée comprenant 3 voies dans le même sens est "désirable" pour assurer le parcage des véhicules en panne, le passage des véhicules d'intervention et surtout le travail d'entretien. Une B.A.U. sur le côté gauche de la chaussée est également recommandée, pour des raisons de sécurité.

[5] Effects of Pavement Shoulders on Accident Rates
D. Turner, D. Tambes, R. Rogness, 1981

Cette étude, réalisée dans l'Etat du Texas, compare les taux d'accidents et leur gravité pour les 3 profils suivants :

- routes à 2 voies sans accotements revêtus,
- routes à 2 voies avec accotements revêtus, d'une largeur minimale de 1,80 m
- routes à 4 voies sans accotements revêtus.

Elle démontre que la présence d'accotements revêtus (B.A.U.) larges d'au moins 1,80 m, a pour effet de réduire très sensiblement le taux et la gravité des accidents. Les routes à 4 voies sans accotements ont, pour un trafic équivalent, un taux d'accidents qui se situe entre celui des deux types de routes à 2 voies examinés.

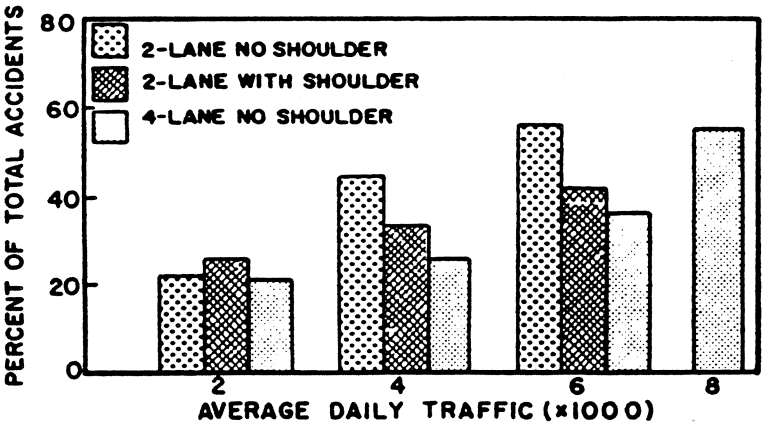


Figure 1 : *Influence du profil normal sur la fréquence des accidents en fonction de l'importance du trafic*

[6] Before-After Accident Analysis for two Shoulder Upgrading Alternations
R. Rogness, D. Tambes, D. Turner, 1982

Cette étude complète l'étude [5] ci-dessus et confirme par une analyse statistique détaillée l'intérêt de l'adjonction de bandes d'arrêt d'urgence larges d'au moins 1,80 m le long des routes à 2 voies dès que le trafic journalier moyen dépasse 5000 véhicules par jour. L'abandon d'une telle B.A.U. pour permettre de créer une voie supplémentaire est vivement déconseillé du point de vue de la sécurité.

Les études [5] et [6] ne sont pas directement exploitables pour le cas qui nous préoccupe ici, mais donnent des indications générales intéressantes sur le rôle des bandes d'arrêt d'urgence.

[7] Safety Studies Related to RRR Projects
C. Brinkmann, 1982
(RRR projet = Resurfacing, Restoration and Rehabilitation Project)

Parmi des mesures de corrections routières destinées à améliorer la sécurité du trafic, l'adjonction d'accotements stabilisés est recommandée.

[8] Il problema dei cavalcavia negli ampliamenti autostradali
G. Camomilla, E. Moncino, 1983

Lors de l'élargissement de l'autoroute Bologne-Rimini de 2 x 2 voies à 2 x 3 voies, le maintien systématique des voies d'arrêt d'urgence sur toute la longueur du tracé a été décidé. Les auteurs présentent la méthode constructive utilisée pour augmenter la portée des passages supérieurs standardisés de 27 à 45 m.

[9] Die Benützung von Standstreifen der Bundesautobahnen
D. Bauer, F. Busch, W. Leutzbach, 1984

Dans le cadre d'une recherche très détaillée, l'utilisation des B.A.U. continues sur un tronçon d'autoroute à 2 x 3 voies (Karlsruhe-Kronau) est comparée à celle d'un tronçon à 2 x 2 voies sans B.A.U. continue, mais avec des places d'évitement périodiques (Pforzheim-Karlsruhe). Une comparaison avec des observations faites en 1980 en Bavière confirme les résultats obtenus, qui peuvent être résumés comme suit :

1. Les arrêts volontaires ou involontaires sur les autoroutes sont plus fréquents qu'on peut le supposer habituellement. Sur le tronçon à 2 x 3 voies + B.A.U. et un trafic journalier moyen de 64'000 v/j, on a compté **un arrêt par 10'000 v·km**. Seulement le 10 % des arrêts sont annoncés au centre d'entretien par les colonnes de secours.

2. Le nombre de voies n'a pas une influence notable sur le nombre d'arrêts.

3. Le nombre d'arrêts augmente plus fortement que l'intensité du trafic.

4. Lorsqu'une B.A.U. continue n'existe pas, la grande majorité des arrêts s'effectue sur les places d'évitement périodiques, à proximité des colonnes d'appel. Lorsqu'une B.A.U. existe, ils se répartissent presque uniformément sur tout le tracé.

5. Les taux d'accidents sont nettement plus élevés sur les tronçons sans B.A.U. (+ 24,1 % en 1968, + 30,2 % en 1979, + 22,6 % en 1973 selon Brühning et Völker) que sur les tronçons avec une B.A.U. continue.

En conclusion, les auteurs considèrent que les bandes d'arrêt d'urgence constituent un élément indispensable pour la capacité et la sécurité des autoroutes.

[10] The Influence of Roadway Surface Discontinuities on Safety
TRB, National Research Council, 1984

Parmi les nombreux facteurs relatifs à la surface de roulement qui influencent la sécurité du trafic, l'intérêt concernant les accotements stabilisés situés à la même hauteur que la surface de roulement est mis en évidence.

[11] Les chantiers autoroutiers : élargissement de l'autoroute A1 en Picardie
G. Bordonado, 1986

Le chantier d'élargissement de l'autoroute A1 sur 90 km pour passer de 2 x 2 voies + B.A.U. à 2 x 3 voies + B.A.U. est présenté. Le trafic journalier moyen de 35'000 v/j, avec 27 % de poids lourds, est maintenu de façon permanente sur 2 x 2 voies pendant toute la durée des travaux, concentrés sur 3 ans. L'auteur met en évidence l'intérêt de la B.A.U. en tant que piste de chantier et voie d'évitement.

[12] L'élargissement de l'autoroute A7 entre Vienne et Valence
M. Fay, M. Deniau, A. Gravier, Y. Dumazer, 1986

De 1977 à 1989, l'autoroute A7 est élargie entre Vienne et Orange sur plus de 169 km. Le profil normal est porté de 27 à 34 m de largeur, avec 2 x 3 voies de 3,5 m chacune, deux B.A.U. de 3,0 m, un terre-plein central de 5,0 m et 2 accotements de 1,0 m.

Le trafic journalier moyen durant les mois d'été dépasse 65'000 v/j, alors qu'il est inférieur à 20'000 v/j durant les mois d'hiver. Pour éviter une gêne exagérée du trafic estival, les travaux sont concentrés sur une période allant du 1er octobre au 15 juin de chaque année, avec 2 sous-campagnes coupées par les fêtes de fin d'année.

Durant les travaux, qui ne s'effectuent que dans un sens de circulation à la fois, 2 voies réduites sont maintenues, soit une voie gauche de 2,7 m et une voie droite de 3,30 m, avec de chaque côté un dérasement stabilisé de 0,40 m. La vitesse est limitée à 80 km/h. La zone du chantier est séparée du trafic par une glissière en béton armé démontable de 50 cm de hauteur. Afin d'éviter des bouchons dans la zone du chantier, une largeur minimale de 6 m est laissée libre en permanence, pour permettre à un camion de contourner une pelle mécanique. Cette disposition très favorable pour l'avancement rapide des travaux a pour effet de rendre la création d'une bande d'arrêt d'urgence indispensable dans le profil définitif.

Un système de surveillance et de signalisation électronique très sophistiqué est mis en place pour assurer l'intervention rapide des services lors d'incidents (système d'appel d'urgence par radio avec une borne tous les 300 m et des feux lumineux tous les 900 m environ).

Notons encore l'usage systématique d'éléments préfabriqués et de "terre armée" pour réduire la durée des travaux.

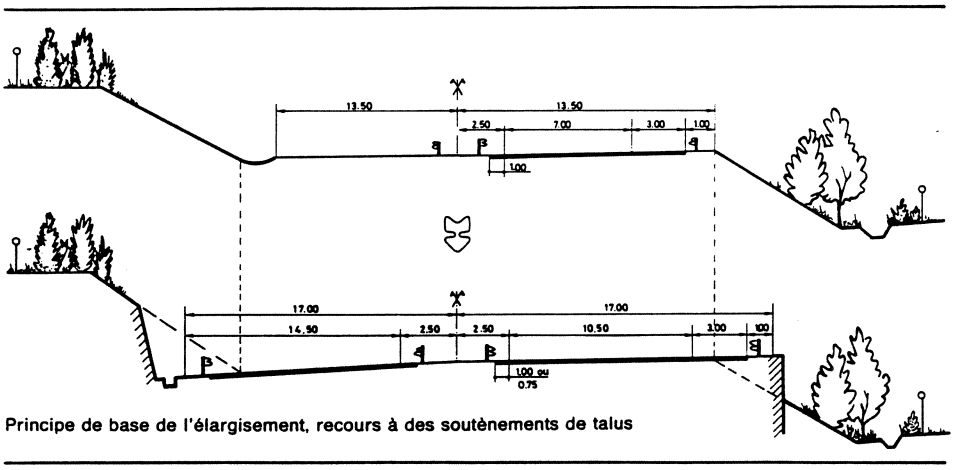


Figure 2 : *Principe général de l'élargissement de la A7*

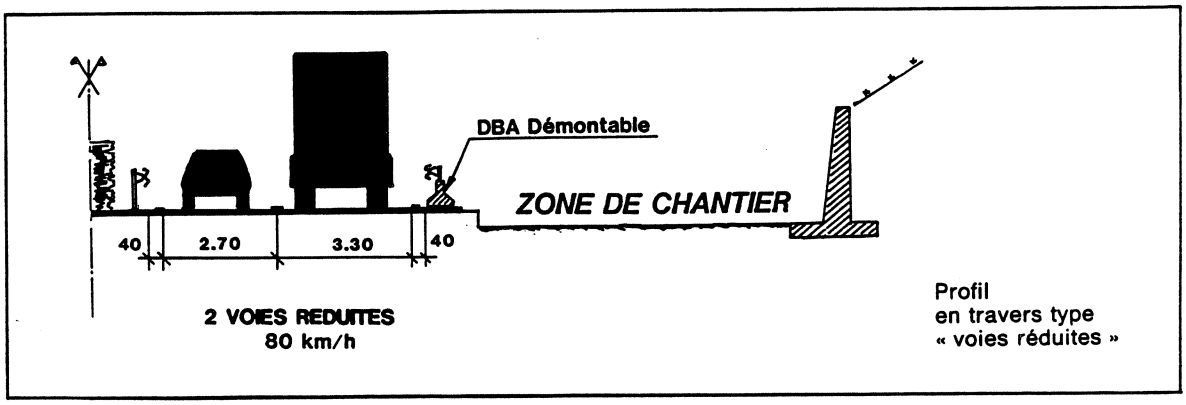


Figure 3 : *Ecoulement du trafic pendant la phase de construction*

[13] L'élargissement de l'autoroute de Normandie, traversée de Mantes-la-Ville
T. Hufnagel, 1986

Ce chantier en zone urbaine est caractérisé par de nombreux ouvrages d'art tels que viaducs, murs et parois anti-bruit. Afin de réduire l'emprise du chantier, le profil normal suivant a été choisi :

- terre-plein réduit de 4 à 3 m
- passage de 2 x 2 voies de 3,50 m à 2 x 3 voies de 3,50 m
- bandes d'arrêt d'urgence de 2,00 m chacune, en remplacement d'accotements stabilisés variant entre 0,75 et 2,0 m.

Ainsi, l'opération d'élargissement a permis, malgré les difficultés locales considérables, d'introduire simultanément des bandes d'arrêt d'urgence continues, qui faisaient défaut auparavant. Pour un tronçon long de 2,5 km, les coûts totaux sont devisés à 187 mio de francs français et la durée des travaux est de 17 mois.

[14] Congrès Mondial de la Route, Bruxelles 1987
Comité technique n° 4

Les bandes d'arrêt d'urgence d'une largeur de 2,5 à 3,0 m contribuent à une réduction du nombre des accidents variant entre 30 et 50 % sur les autoroutes dont le trafic journalier moyen dépasse 40'000 véhicules. Elles facilitent la surveillance du trafic, l'intervention des véhicules de dépannage et de secours, ainsi que les travaux d'entretien. Leur usage est recommandé sur toutes les autoroutes dont le TJM dépasse 20'000 véhicules.

[15] Effects of Lane Width, Shoulder Width an Shoulder Type on Highway Safety
C. Zegeer, J. Deacon, 1987

Une étude très complète des taux d'accidents sur des chaussées présentant des largeurs de voies de circulation et d'accotements stabilisés variables permet aux auteurs de présenter le diagramme de la figure ci-dessous.

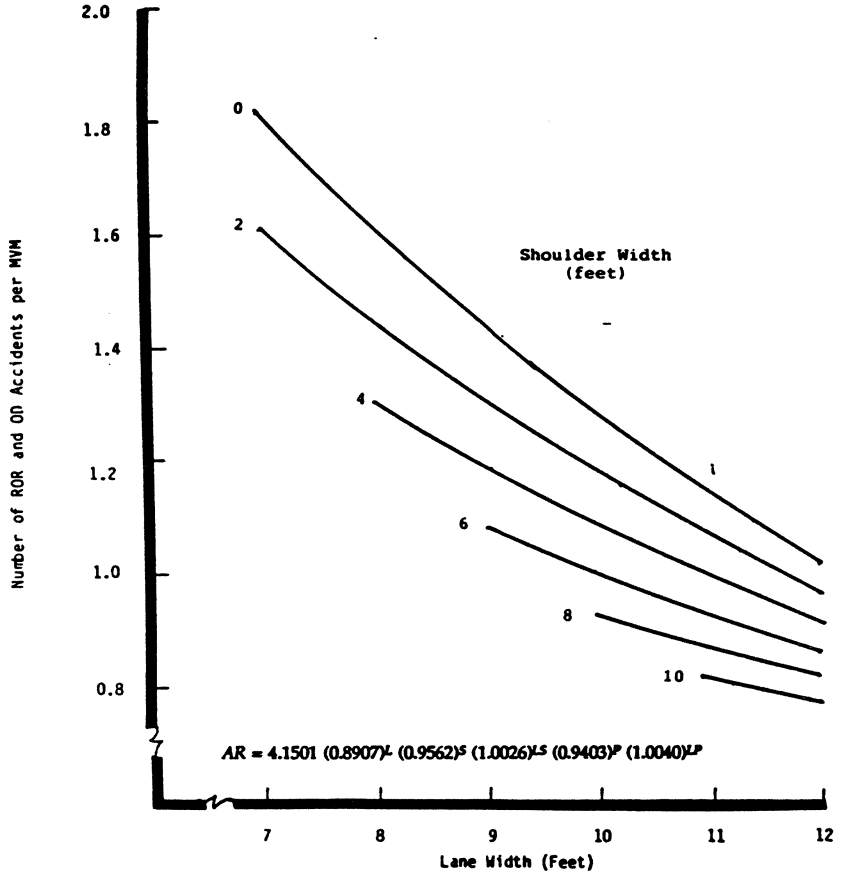


Figure 4 : *Evolution du taux d'accidents en fonction de la largeur des voies et des accotements stabilisés*

Ce diagramme démontre tout l'intérêt des B.A.U. pour la sécurité du trafic.

[16] Effects of Bridge Width on Highway Safety
K. Mak, 1987

L'influence d'une réduction du dégagement latéral entre le bord de la voie de circulation et la glissère ou le parapet d'un pont sur la sécurité du trafic est analysée grâce à des observations effectuées sur 58 ponts de l'Interstate Highways du Colorado durant 4 ans.

Le diagramme de la figure 5 met en évidence l'influence de ce dégagement latéral en fonction de la longueur de l'ouvrage.

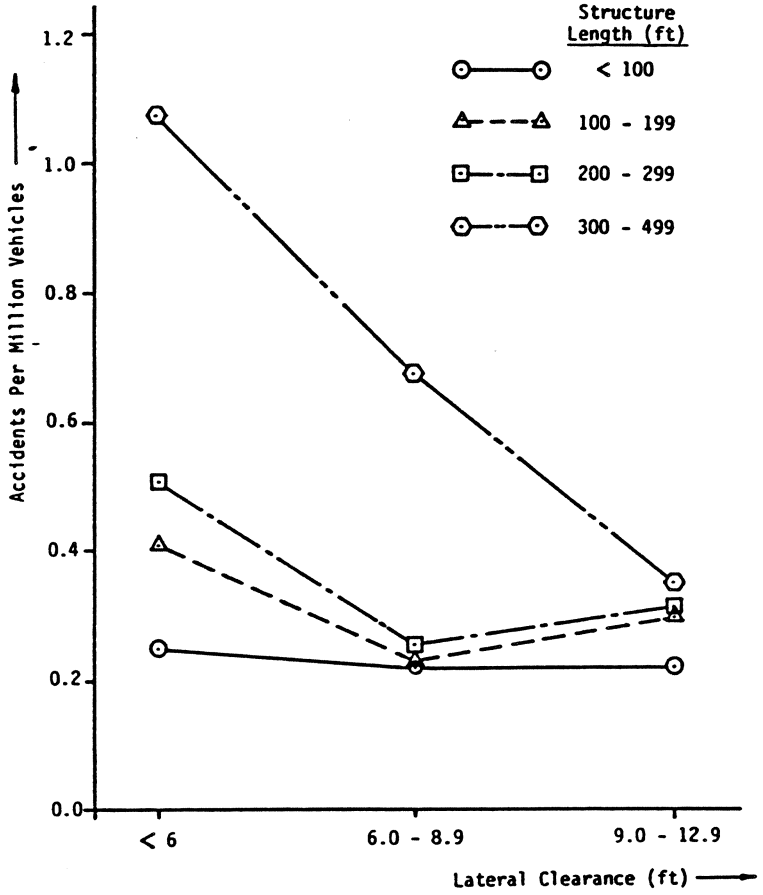


Figure 5 : *Variation du nombre d'accidents en fonction du dégagement latéral et de la longueur des ponts*

Pour les autoroutes à 2 x 2 voies ou plus, l'auteur propose d'appliquer la règle suivante :

> "la distance minimale entre le bord de la voie et la glissière d'un pont doit être au moins de 6 ft, soit 1,80 m sur le bord droit, de 3 ft, soit 0,90 m le long de la voie rapide. En aucun cas cette distance minimale ne doit être inférieure au 50 % de la distance respectée en section courante".

Cette recommandation est justifiée par un matériel statistique considérable.

[17] Untersuchung über die Haüfigkeit von Verkehrsstörungen auf Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen
Groupe de travail COST 30. Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure, février 1976.

Une observation détaillée effectuée durant 7 semaines sur un tronçon d'autoroute de 78 km situé sur le territoire des cantons de Soleure et de Bâle-Campagne a permis de déterminer la fréquence des arrêts sur les voies d'arrêt d'urgence en fonction de l'intensité du trafic. Les ratio présentés dans cette étude ne permettent toutefois pas une comparaison directe avec les valeurs étrangères rappelées ci-dessous :

- nombre de pannes enregistrées par la police de l'autoroute : 1 panne pour 21'000 véh x km
- nombre de pannes enregistrées sur les tronçons en tunnel : 1 panne pour 300'000 véh x km
- nombre d'arrêts observés par les auteurs du rapport : 1 arrêt pour 7'000 véh x km

[18] Zwischentypen : Eine Untersuchung über mögliche Betriebsformen für Hochleistungsstrassen
IVT/ETHZ, juin 1983

Cette étude, réalisée sur mandat de l'OFR, montre, entre autres, que seules les autoroutes supportant un trafic journalier moyen inférieur à 20'000 véh/jour peuvent être réalisées sans bandes d'arrêt d'urgence continues, si l'on prend en compte les impératifs de la sécurité et de l'entretien. Elle confirme donc indirectement la nécessité de telles B.A.U. dans tous les cas de passage d'un profil de 2 x 2 voies à 2 x 3 voies.

[19] N1 - Bern Wankdorf - Schönbühl; Möglichkeiten zur Erhöhung der Verkehrssichereit und Steigung der Leistungsfähigkeit ohne zusätzliche Landbeansprechung
Balzari u. Schudel AG, im Auftrag des Autobahnamtes des Kantons Bern. November 1983

Après une comparaison détaillée de plusieurs variantes, les auteurs de ce rapport aboutissent à la conclusion que seule une solution comprenant 2 x 3 voies et 2 bandes d'arrêt d'urgence continues est en mesure de satisfaire aux exigences de la sécurité et de l'écoulement du trafic. L'emprise de terrain nécessaire pour l'élargissement de ce tronçon de 7 km est évaluée à 1,5 ha.

La fréquence des pannes enregistrées par la police se situe à près de 1 panne pour 200'000 véh x km, soit une valeur très proche de celle observée dans l'étude [17]. Par contre, les arrêts non enregistrés ne sont pas pris en compte. Par ailleurs, il est intéressant de relever que le 90 % des pannes est annoncé entre 06h00 et 22h00, avec un maximun de 9,7 % durant la période de 18 à 19 heures.

2.3 Conclusions de cette analyse bibliographique

L'examen des 19 documents présentés ci-dessus permet de tirer les conclusions suivantes :

1. Une bande d'arrêt d'urgence, large d'au moins 2,50 m, située de façon continue le long du bord droit d'une chaussée d'autoroute constitue un facteur essentiel pour la sécurité du trafic et pour l'exploitation de la route. Lorsque le trafic journalier moyen dépasse 40'000 véhicules/jour, la réduction du nombre des accidents peut être évaluée à 30, voire 50 % grâce à cet élément. On compte par ailleurs en moyenne un arrêt "d'urgence" pour 10'000 véhicules x kilomètre.

2. La présence d'une B.A.U. continue est aussi importante pour les autoroutes en rase campagne que pour les autoroutes urbaines. Elle s'impose autant pour les profils à 2 x 2 voies que pour ceux à 2 x 3 voies. Dans ce dernier cas, une B.A.U. continue le long de la voie de gauche (voie rapide) est également souhaitable du point de vue de la sécurité. Elle s'impose pour des profils à 2 x 4 voies (RFA et USA).

3. Dans des conditions difficiles, et en particulier dans les zones urbaines, une réduction de la largeur de la B.A.U. jusqu'à 1,80 m est tolérée aux USA, jusqu'à 2,0 m en France.

4. Lors de l'élargissement d'autoroutes de 4 à 6 voies, la largeur des voies peut être réduite aux USA de 3,70 m à 3,40 m en rase campagne, jusqu'à 3,20 m en zone urbaine lorsque le trafic des poids lourds est faible. En France, une largeur de voies de 3,50 m est exigée.

5. Sur les ponts, le maintien d'une distance minimale entre le bord de la voie de droite et la glissière de 1,80 m est requise aux USA, de 2,0 m en France. Cette distance devrait être au moins de 0,90 m le long de la voie de gauche. En RFA et en Italie, le maintien du profil normal habituel sur les ponts est exigé pour tous les ouvrages en construction.

6. Lorsqu'exceptionnellement les conditions formulées sous les points 3., 4. et 5. ne peuvent pas être respectées, en particulier au passage de ponts et passages supérieurs, une signalisation efficace et une place d'arrêt particulière doivent être prévues aux USA. En France, la continuité de la B.A.U. avec une largeur minimale de 2,0 m est souhaitée dans tous les cas.

7. L'élargissement d'une autoroute pour passer de 2 x 2 voies à 2 x 3 voies étant dans tous les cas justifié par une charge de trafic excessive, le maintien de la circulation sur 2 x 2 voies durant la période de travaux est impératif. Pour limiter au maximum la gêne et surtout les dangers durant des périodes prolongées, les solutions qui permettent de séparer

les 2 sens de trafic par la bande médiane existante sont les plus avantageuses. D'autre part, il convient de laisser la place suffisante pour l'accès aux divers chantiers et de prévoir une organisation minutieuse des travaux. L'ensemble de ces contraintes conduit à prévoir une plate-forme large d'une quinzaine de mètres au moins de part et d'autre de l'axe central. Une telle plate-forme permet sans autre d'implanter 3 voies de circulation ainsi qu'une bande d'arrêt d'urgence conforme.

Bien que les différents articles énumérés sous 2.2 traitent de problèmes différents, aucun de ceux-ci n'entre en contradiction avec l'une ou l'autre des 7 conclusions présentées ci-dessus. Elles constituent donc une base intéressante pour la poursuite des réflexions en cours dans notre pays.

3. RESUME D'INTERVIEWS ET DE VISITES DE CHANTIERS A L'ETRANGER

Après avoir formulé les 7 conclusions précédentes, il a paru justifié de les confronter avec la réalité des réalisations les plus récentes dans les pays qui nous entourent. Cette confrontation s'est effectuée sous la forme d'interviews téléphoniques et de rencontres, organisées en fonction des disponibilités et des opportunités respectives.

3.1 Cas de la République fédérale d'Allemagne

Une rencontre organisée le 10 octobre 1989 à Münich avec M. le professeur Hiersche, T.H. Karlsruhe et M. l'ing. Köppel, Ministerialrat, a.d. Münich, a permis les constatations suivantes:

- En RFA, aucune autoroute nouvelle n'est réalisée sans bande d'arrêt d'urgence large de 3,0 m.

- Lors des nombreux élargissements réalisés au cours des 15 dernières années, une B.A.U. continue a toujours été systématiquement réalisée de chaque côté du profil en travers, quelles que soient les difficultés rencontrées.

- Le gain réalisé grâce aux B.A.U. en matière de sécurité, mais aussi et surtout en matière de facilité d'entretien et d'exploitation, est tel qu'une suppression ou même une interruption locale de la bande d'arrêt d'urgence n'est pas admissible dans le cadre d'une vision à long terme.

- L'utilisation de voies de circulation de largeur variable lors de l'élargissement de 2 à 3 voies par sens ne se justifie pas, car la réduction de coûts qu'elle permet n'est pas considérable, si l'on tient compte du coût total de l'opération.

- Sur les autoroutes à 2 x 4 voies, ainsi que sur certaines autoroutes à 2 x 3 voies avec une très grosse charge de trafic, la mise en place d'une B.A.U. de 2,50 m de largeur le long du terre-plein central paraît judicieuse pour améliorer la sécurité et l'écoulement régulier du trafic. De tels profils n'ont pas encore été réalisés, mais pourraient s'imposer à l'avenir.

3.2 France : visite du chantier A7 entre Vienne et Valence

A la suite d'un contact avec la SETRA-Bagneux (M. Chargros), une visite de la très intéressante réalisation de l'élargissement de l'autoroute A7 entre Vienne et Valence a pu être organisée le 28 août 1989. Messieurs M. Fay, directeur régional ASF, et André Gravier, chef de division SCETAUROUTE, nous ont donné des explications très détaillées sur la problématique des chantiers en cours et confirmé l'ensemble des informations contenues dans l'article [12]. Compte tenu de la richesse et de l'intérêt de ces informations, cet article est reproduit en **annexe 3** du présent rapport.

Les constatations suivantes méritent encore d'être mises en évidence :

- L'élargissement est systématiquement réalisé vers l'extérieur, le terre-plein de 5 m restant intact. Dans les zones particulièrement délicates, une réduction de cette largeur à 3 m est toutefois effectuée.

- Une B.A.U. de 3 m de large est systématiquement mise en place. Le gabarit disponible étant totalement "consommé" par les 3 voies au droit de plusieurs passages supérieurs, la B.A.U. est prolongée localement par un chemin de 3 m de large qui passe derrière la pile de rive.

- Les passages inférieurs et ponts de longueur inférieure à 50 m sont élargis vers l'extérieur à l'aide d'un encorbellement ancré dans la dalle.

- Sur les viaducs importants (entre 300 à 500 m), le maintien de la B.A.U. aurait entraîné des difficultés et des coûts exagérés. La B.A.U. est donc interrompue. La zone correspondante est surveillée par une caméra vidéo qui transmet en continu une image du trafic à la centrale d'exploitation. En cas d'arrêt d'un véhicule sur la chaussée, le trafic est ralenti et ramené sur 2 voies par une série de feux lumineux télécommandés. Une station d'appel d'urgence est par ailleurs placée tous les 300 m dans la zone correspondante.

- Dans les zones à fortes rampes (5 à 6 %) déjà équipées d'une troisième voie réservée aux véhicules lents, la réalisation d'une B.A.U. continue n'a pas été prévue pour des raisons économiques. Si cette discontinuité paraît acceptable du point de vue de la sécurité en raison des nombreuses places

d'arrêt aménagées, l'exploitation et l'entretien de la chaussée sont néanmoins fortement perturbés. L'expérience de 4 années montre qu'une solution continue est de beaucoup préférable.

- Pour un trafic inférieur à 1200 v/h par sens, une seule voie de circulation de 4 m de largeur peut être envisagée durant les travaux. Au-delà de cette valeur, deux voies réduites de 2,70 m + 3,30 m de largeur, séparées physiquement de la zone de chantier par une glissière en béton démontable, permettent le passage de 2500 v/h sans difficulté majeure, la vitesse étant limitée à 80 km/h. La longueur des zones de travail est limitée à 2,5 km et l'élargissement n'est jamais réalisé simultanément des deux côtés du terre-plein central.

- Le système de surveillance et d'alarme mis en place durant les travaux a donné entière satisfaction. Le taux d'accidents au droit des chantiers est resté au niveau moyen de l'autoroute A7 et les interventions de secours ont toujours pu être réalisées rapidement.

- L'étroitesse de la bande réservée au chantier nécessite une organisation minutieuse des travaux. Les méthodes innovatrices utilisées telles que murs TEXOL en déblais et GUINTALU en remblais permettent une poursuite des travaux en période hivernale.

- Notons enfin que le trafic atteint déjà sur ce tronçon des pointes de 77'000 véhicules par jour. Au-delà de l'an 2000, une nouvelle intervention sera nécessaire pour accroître encore la capacité (construction d'une deuxième autoroute sur l'autre rive du Rhône ou d'une autoroute accolée à l'existante).

4. LA SITUATION ACTUELLE EN SUISSE

4.1 Composition du réseau

Le réseau des routes nationales suisses, long de 1'707,9 km à la fin de l'année 1988 est composé de :

78,4 km	d'autoroutes à 6 voies
1'247,2 km	" à 4 voies
297,9 km	de semi-autoroutes à 2 voies
84,4 km	de routes à trafic mixte

244 tunnels représentant une longueur totale de 338 km (longueur totale des tubes) sont équipés sans bande d'arrêt d'urgence. 950 ponts représentant une longueur totale de 143,8 km sont en partie seulement avec des B.A.U. continues. Par ailleurs, on compte 994 passages supérieurs et 1032 passages inférieurs.

Tous les chiffres ci-dessus tiennent compte des ouvrages en service et des ouvrages dont les projets de détail ont été approuvés. Ils constituent le 92 % du réseau complet (selon informations OFR, 1989).

4.2 Présentation des profils normaux existants

Les routes nationales de 1ère classe à 2 x 2 voies présentent le profil théorique suivant (voir figure 6) :

- terre-plein central	=	3,50 m
- 4 voies à 3,75 m	=	15,00 m
- 4 surlargeurs latérales à 0,25 m	=	1,00 m
- 2 B.A.U. à 2,50 m	=	5,00 m
- 2 accotements à 0,75 m	=	1,75 m
total	=	**26,00 m**

Les bandes de marquage sont incluses dans la largeur des voies, respectivement des surlargeurs latérales.

Dans la plupart des cas, la largeur des accotements a été portée à 1,00 m, voire 1,50 m (canton de Vaud) pour des raisons constructives, de telle sorte que la plate-forme varie entre 26,5 et 27,5 m.

Les ouvrages d'art équipés avec des B.A.U. sont en général composés de deux ponts indépendants, d'une largeur totale variant entre 26 m et 26,7 m (voir figure 7).

Lorsque la B.A.U. est interrompue sur les ouvrages d'art dont la longueur dépasse 50 à 100 m, une bande de sécurité dont la largeur varie entre 1,10 et 1,25 m est prévue entre le bord de la voie et la glissière, respectivement le parapet du pont. La largeur totale de l'ouvrage varie ainsi entre 22,5 m et 23,0 m (voir figure 8).

Les routes nationales de 1ère classe à 2 x 3 voies sont conçues selon le même schéma que celui présenté ci-dessus, avec une largeur supplémentaire de 2 x 3,75 m.

Les routes nationales de 2ème classe à 2 x 2 voies possèdent un profil géométrique réduit. En règle générale :

- le terre-plein central est ramené à		=	2,0 m
- les voies de circulation	à 3,50 m x 4	=	14,0 m
- les B.A.U. restent	à 2,50 m x 2	=	5,0 m
- et les accotements	à 0,75 m x 2	=	1,50 m
	total	=	**22,50 m**

Sur certaines de ces routes nationales construites au début des années 1970, les B.A.U. sont remplacées par des accotements stabilisés larges de 1,25 m, de telle sorte que la plate-forme est réduite à 20,0 m environ. Il convient de noter que les

profils normaux effectivement réalisés sur les routes nationales de 2ème classe varient beaucoup selon les cantons et les années de construction; ils se caractérisent néanmoins par le terre-plein central de 2 m et les voies de circulation de 3,5 m.

Les tronçons d'autoroutes urbaines (dans les villes de Zürich, Bâle, Lucerne et St-Gall en particulier) sont composés de profils normaux spécifiques.

4.3 Cas existants d'élargissements de routes nationales en service

Jusqu'à ce jour, aucune route nationale suisse n'a fait l'objet d'un élargissement pour passer de 2 x 2 voies à 2 x 3 voies.

Le tronçon Lucerne-Hergiswil de la RN2 (le premier tronçon d'autoroute construit en Suisse) a, par contre, fait l'objet d'un élargissement par l'adjonction de bandes d'arrêt d'urgence (1980, canton de Nidwald). Le profil suivant a été mis en place :

- terre-plein central	2,0 m
- 2 x 2 voies à 7,25 m	14,50 m
- 2 B.A.U. à 2,50 m	5,0 m
- 2 accotements stabilisés de	1,0 m
total	**22,50 m**

Compte tenu du trafic très intense de l'axe Nord-Sud avec un pourcentage élevé de poids lourds, ce profil est très restreint; la vitesse est limitée à 100 km/h.

En règle générale, on peut affirmer que tous les tronçons importants sont ou seront à l'avenir équipés de bandes d'arrêt d'urgence continues, à l'exception de zones en tunnels et sur certains ponts. Les ponts encore au stade du projet possèdent pratiquement tous des B.A.U. continues de 2,5 m de largeur.

5. LES PROJETS D'ELARGISSEMENT DE ROUTES NATIONALES A 2 X 3 VOIES

5.1. Cas de figure potentiels

L'élargissement de certains tronçons de routes nationales existantes pour passer de 2 x 2 voies à 2 x 3 voies a jusqu'ici fait l'objet de nombreuses discussions, mais aucune réalisation n'a passé le stade de l'étude préliminaire, voire de l'avant-projet.

Pour la présentation de recommandations destinées à coordonner de tels projets, il convient de distinguer les 4 cas de figure suivants :

1. Elargissement d'une route nationale en rase campagne afin d'accroître la capacité sur une longueur importante (au moins 10 kilomètres).
   Par exemple : le tronçon Ecublens-Genève de la RN1.

2. Elargissement d'une route nationale en rase campagne entre 2 échangeurs, pour prendre en compte une augmentation locale du trafic. La longueur de l'intervention est limitée à quelques kilomètres.
   Par exemple : le tronçon de la RN1 entre les échangeurs d'Egerkingen et d'Oftringen.

3. Elargissement d'une route nationale de caractère quasi urbain (contournement de villes) pour tenir compte des pointes dues au trafic local et régional.
   Par exemple : contournement de Lausanne RN9
   tronçon Wankdorf-Schönbühl de la RN1

4. Adjonction de voies supplémentaires dans les zones présentant une forte déclivité pour atténuer la réduction de capacité due aux poids lourds.
   Par exemple : voie descendante de la RN 12 entre Châtel-St-Denis et Vevey

Le cas des autoroutes urbaines doit faire l'objet d'études spécifiques en raison des grandes variétés de profils normaux existants et des contraintes locales. Il n'entre pas dans le cadre des considérations suivantes.

Les exemples cités ci-dessus n'ont pas pour objectif d'expliciter les cas considérés. La question de l'opportunité de tels aménagements n'est par ailleurs pas prise en considération.

5.2 Elargissement d'une route nationale en rase campagne sur un tronçon important (plusieurs dizaines de km)

Ce cas est caractérisé par les conditions suivantes :

- le passage de 4 à 6 voies est rendu nécessaire par l'importance du trafic,
- le profil existant est celui d'une autoroute de 1ère classe, aménagée avec 2 B.A.U. continues, à l'exception d'éventuelles zones en tunnels et sur des ouvrages d'art longs (les autoroutes de 2ème classe supportent en règle générale un trafic moins élevé et ne nécessitent pas d'élargissement),
- l'exploitation continue de l'autoroute avec 2 x 2 voies durant la phase de travaux est impérative,

- le gabarit d'espace libre est déterminé par un nombre important de passages supérieurs.

Les expériences réalisées à l'étranger, les publications analysées au chapitre 2 ainsi que les impératifs relatifs à la sécurité et à l'exploitation conduisent à formuler les recommandations suivantes :

1. L'aménagement à 6 voies doit impérativement être continu sur tout le tronçon. Aucun compromis ne peut être toléré, si l'on ne veut pas remettre en cause l'investissement nécessaire.

2. Une bande d'arrêt d'urgence de 2,50 m de largeur est indispensable de chaque côté de l'autoroute.

3. L'élargissement s'effectuera vers l'extérieur du profil normal, le terre-plein central restant sans modification si l'on veut éviter des interventions importantes dans les systèmes de canalisations et de conduites électriques.

4. En interdisant la circulation des poids lourds sur la voie de gauche et en tenant compte des limitations généralisées de vitesse, les largeurs de voies suivantes paraissent raisonnables :

- voie de gauche	b = 3,25 m
- voie médiane	b = 3,50 m
- voie de droite	b = 3,50 m
total surface de circulation	b_{tot} = 10,25 m

Les bandes de marquage sont incluses dans cette largeur. Par contre, deux bandes latérales, larges de 0,25 m, doivent être ajoutées le long des bords extérieurs, en similitude avec les profils existants (conditions de construction).

5. Sur les grands ponts équipés déjà maintenant d'une bande d'arrêt d'urgence, la largeur totale disponible entre le bord gauche de la voie de circulation et le parapet est insuffisante, le dégagement latéral restant n'étant que de 50 cm ! Un élargissement de ces ouvrages est donc absolument indispensable. Cet élargissement devrait être au minimum égal à 1,25 m pour assurer un dégagement latéral de 1,75 m, considéré comme souhaitable selon les expériences américaines. Dans la majeure partie des cas, un élargissement de 2,50 m assurant la continuité de la B.A.U. devrait être exigé. Une intervention analogue sera nécessaire sur la plupart des passages inférieurs.

6. Sur les grands ponts qui ne sont pas équipés d'une B.A.U. normale (dégagement latéral existant = 1,25 m), un élargissement de 4,65 m est indispensable, ce qui signifie dans la majeure partie des cas, la construction d'un pont parallèle supplémentaire de chaque côté de l'autoroute.

7. Les passages supérieurs permettent l'élargissement de 2 à 3 voies en garantissant le respect du gabarit d'espace libre de 4,50 m sur toute la largeur. Dans le cas des ponts à béquilles obliques fréquents sur les autoroutes suisses, de même que dans le cas de ponts à culées droites proches de la B.A.U., il n'est par contre pas possible de respecter le gabarit d'espace libre pour la nouvelle B.A.U. Il y a lieu d'examiner de cas en cas les alternatives suivantes :

   - démolition et reconstruction de l'ouvrage,
   - interruption locale de la B.A.U., avec mise en place d'une signalisation efficace,
   - création d'une voie d'évitement pour les véhicules de service tracée derrière la culée du P.S.

Les **figures 6 à 9** représentent schématiquement les solutions proposées. Elles montrent qu'en section courante, l'élargissement de la plate-forme de 26,00 m à 31,50 m peut en règle générale être réalisé sans augmentation de l'emprise de l'ouvrage, grâce à la mise en place de murs latéraux, respectivement de talus plus pentus. Tous les ponts, les passages inférieurs ainsi qu'un certain nombre de passages supérieurs nécessitent par contre des travaux importants et souvent très coûteux.

En tenant compte de la nécessité de maintenir le trafic sur 2 x 2 voies de part et d'autre de la bande médiane, l'organisation des chantiers constitue une difficulté supplémentaire qui doit être prise en compte lors du choix du profil normal définitif. En réduisant la largeur des voies à 2,70 + 3,30 m durant les travaux (Vlimite = 80 km/h) et en mettant en place une séparation physique entre la zone de chantier et la zone circulée, une bande continue de 3,45 m au minimum reste disponible pour la circulation des véhicules de chantier, tandis que la largeur minimale de la zone de travail réservée aux engins n'est que de 3,50 m (voir figure 6). Il s'agit là de conditions limites qui excluent le choix d'un profil plus réduit.

5.3 Elargissement d'une route nationale en rase campagne sur un tronçon limité entre deux échangeurs

Dans ce cas, les contraintes générales sont les mêmes que dans le cas 5.2 ci-dessus, mais l'introduction de vitesses limites inférieures à la limitation générale de 120 km/h peut être raisonnablement envisagée. La largeur des voies pourrait donc être réduite à 3 x 3,25 m, ce qui permettrait une réduction de la largeur de la plate-forme de 1,0 m au total.

Compte tenu des mouvements de présélection très nombreux qui s'effectuent entre deux échangeurs, ainsi que d'un nombre accru de véhicules qui s'arrêtent afin de s'orienter sur la direction à suivre (en particulier des véhicules étrangers), le maintien strict de bandes d'arrêt d'urgence est indispensable. Il se justifie également par le risque accru d'accidents et la nécessité de faciliter l'accès des véhicules d'intervention.

Figure 6: **AUTOROUTE DE 1ère CLASSE : CONDITIONS EN RASE - CAMPAGNE**

élargissement de 2 x 2 à 2 x 3 voies sur un tronçon important
(plusieurs dizaines de kilomètres)

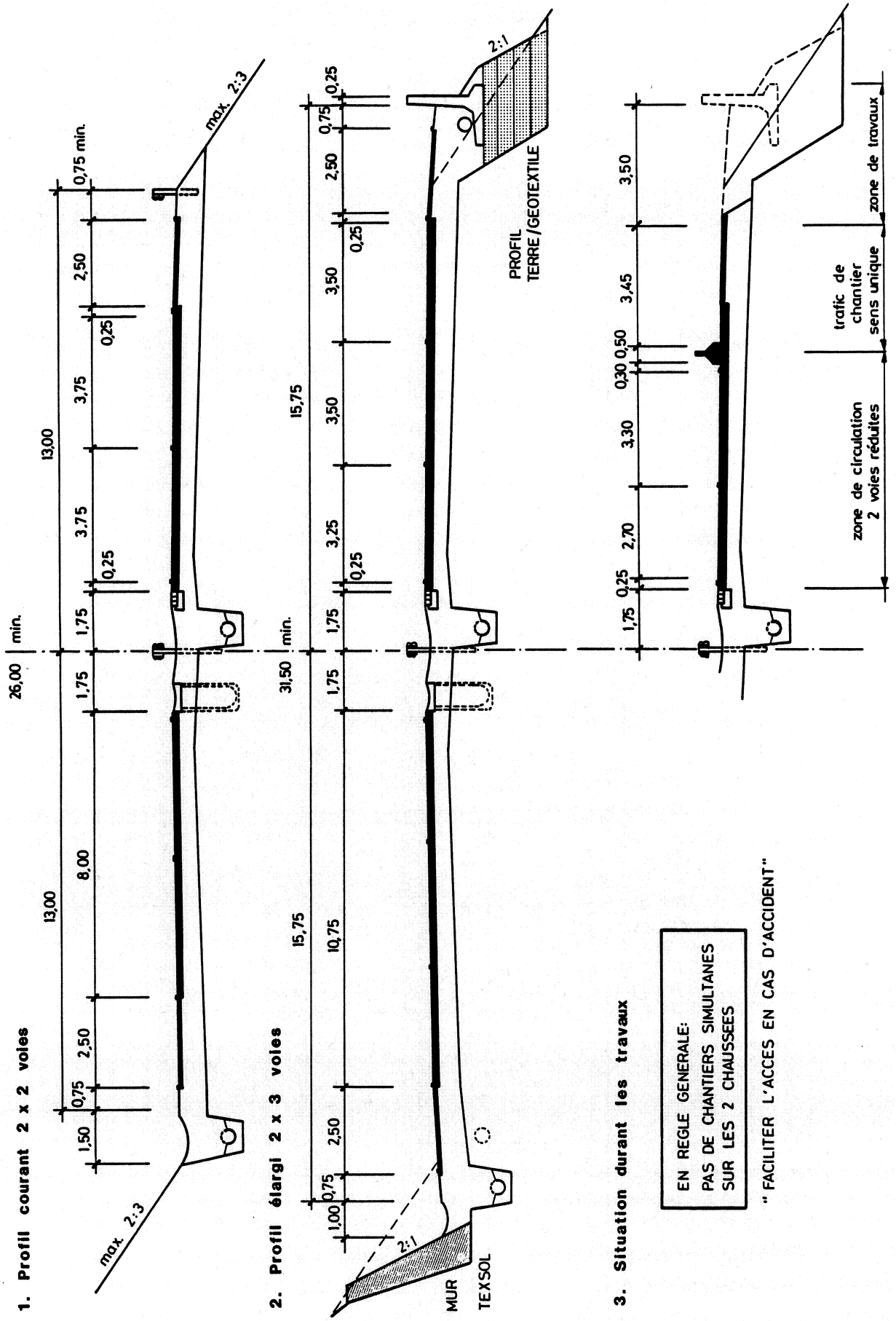


Figure 7: **AUTOROUTE DE 1ère CLASSE : CONDITIONS EN RASE - CAMPAGNE**

élargissement de 2 x 2 à 2 x 3 voies sur un tronçon important
(plusieurs dizaines de kilomètres)

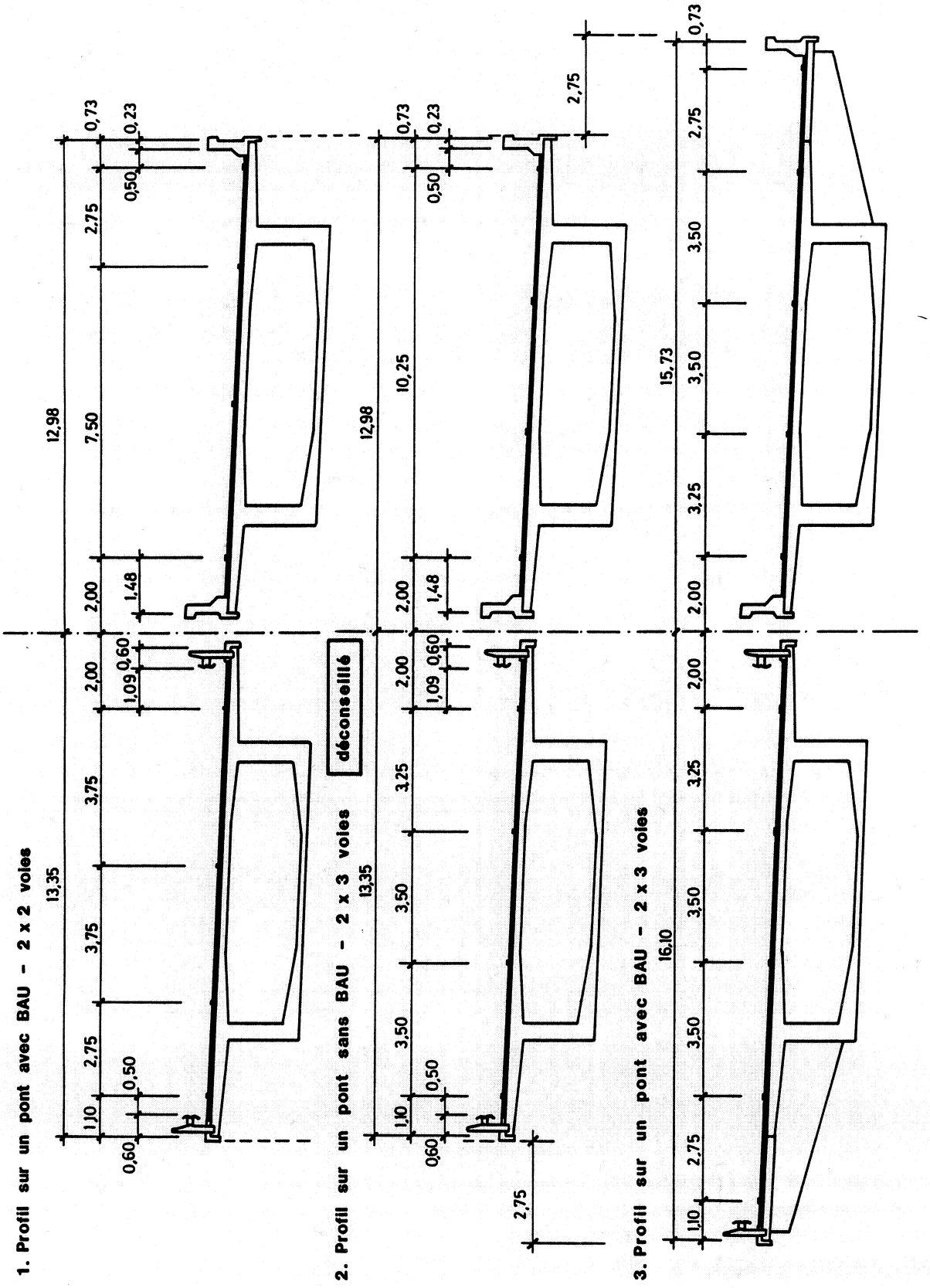


Figure 8: **AUTOROUTE DE 1ère CLASSE : CONDITIONS EN RASE - CAMPAGNE**

élargissement de 2 x 2 à 2 x 3 voies sur un tronçon important (plusieurs dizaines de kilomètres)

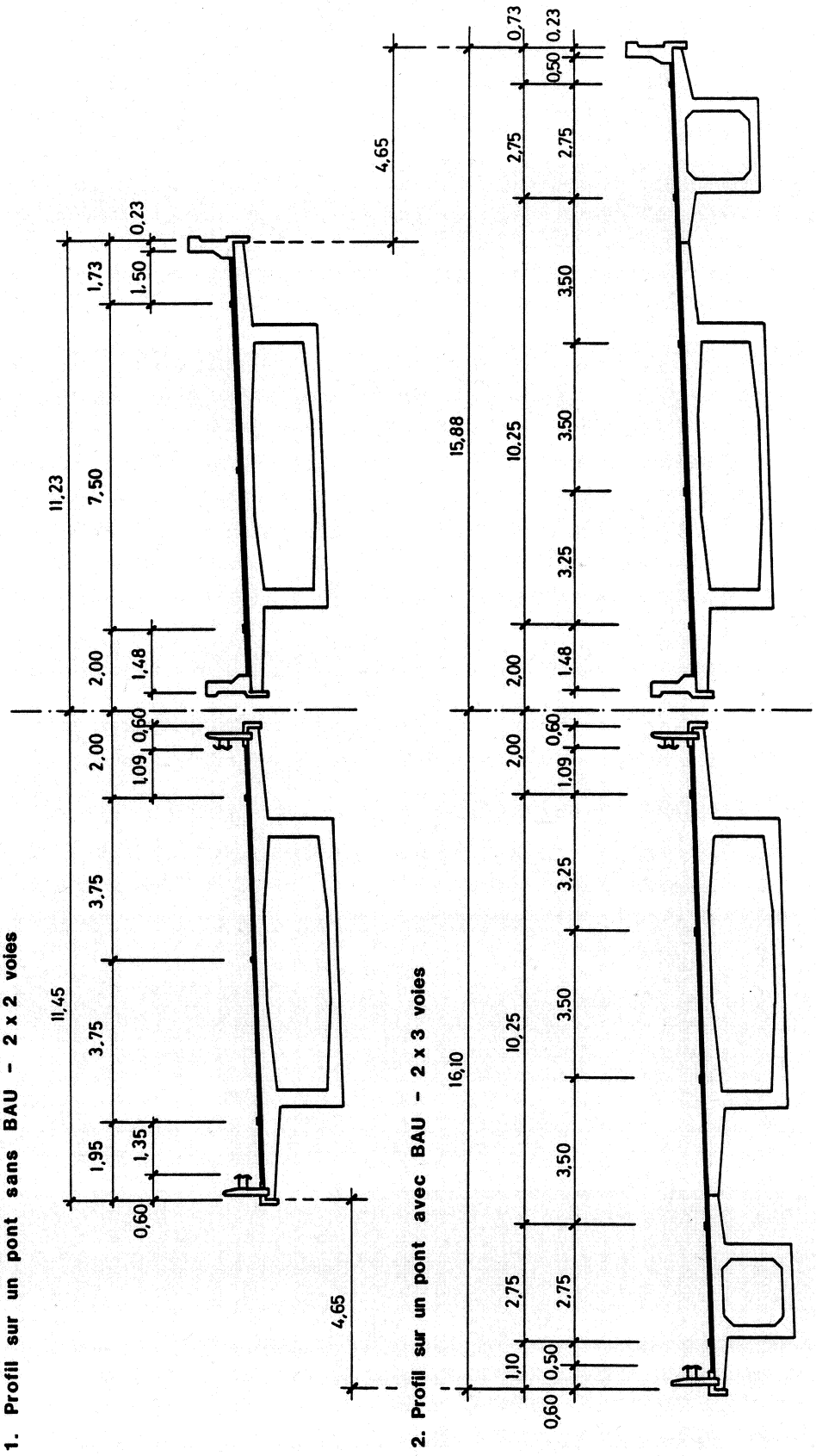
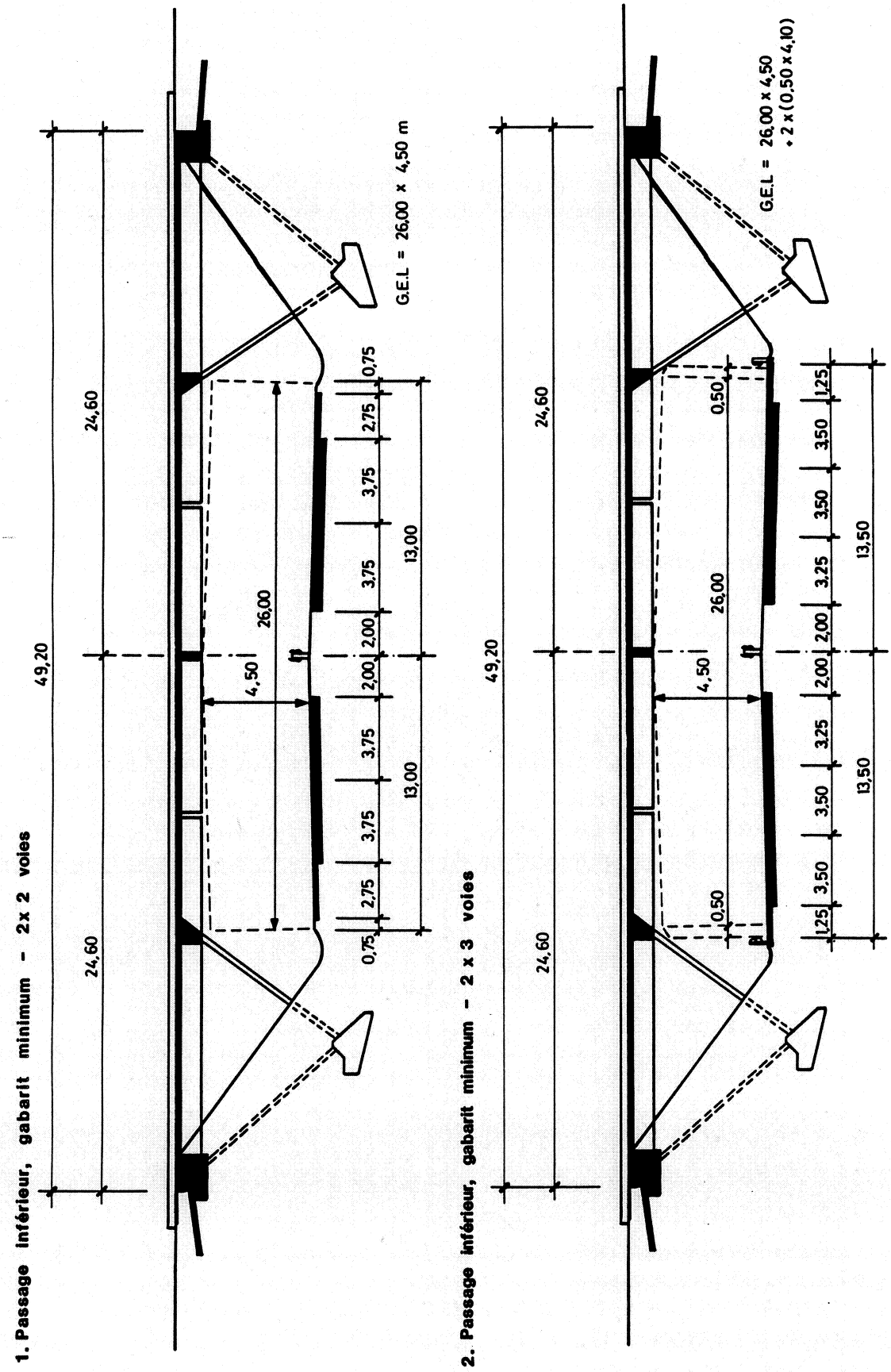


Figure 9: **AUTOROUTE DE 1ère CLASSE : CONDITIONS EN RASE - CAMPAGNE**

élargissement de 2 x 2 à 2 x 3 voies sur un tronçon important
(plusieurs dizaines de kilomètres)



5.4 Elargissement d'une route nationale de caractère quasi urbain (contournement des villes)

Le tracé est caractérisé par la présence de pointes journalières dues au trafic régional et urbain, ainsi que par un nombre important d'entrées et de sorties aux jonctions très proches les unes des autres.

Les ouvrages d'art, en particulier les passages supérieurs et inférieurs sont fréquents, ainsi que les murs de soutènement et parois anti-bruit.

Une limitation de vitesse à 100 km/h, voire à 80 km/h s'impose le plus souvent, en raison de la géométrie contraignante et des mouvements de présélection.

Dans ce cas, la mise en place d'une bande d'arrêt d'urgence continue pourrait être difficilement réalisable sans entraîner des coûts de construction exagérés et des gênes insupportables pour le trafic urbain (modification des nombreux passages supérieurs et inférieurs entre autres).

Le profil géométrique normal mimimal suivant peut donc être proposé :

- terre-plein central réduit de 3,50 à 2,00 m
- 3 voies de circulation réduites à 3 x 3,25 m
- dégagement latéral minimal stabilisé 2 x 1,25 m

Ce profil minimal peut être aménagé sans intervention sur le bord droit des chaussées, en se limitant à une réduction de la largeur du terre-plein central. Le gabarit d'espace libre est assuré au passage de tous les P.S. qui ne sont pas construits avec une pile située dans le terre-plein central. Dans ce dernier cas, une modification locale du tracé s'impose.

Afin d'accroître la sécurité, l'implantation d'une glissière en béton (profil New Jersey) dans la bande médiane en lieu et place des doubles glissières traditionnelles est recommandable (voir **figures 10 et 11**).

Dans les zones ou cela est possible sans travaux importants, la bande d'arrêt d'urgence de 2,50 m de largeur est maintenue, respectivement des places d'arrêt sont aménagées. La distance entre ces places ne devrait pas excéder 1 kilomètre et elles doivent être toutes équipées d'une station d'appel d'urgence.

Durant les travaux d'entretien et pour permettre l'accès des véhicules d'intervention, une voie doit être interdite au trafic. Une signalisation adéquate, constituée de portiques avec feux lumineux régissant la circulation sur chaque voie doit être mise en place, ainsi qu'un système de surveillance électronique du trafic depuis un poste de commande en général assez proche.

Figure 10: **AUTOROUTE DE 1ère CLASSE : CONDITIONS QUASI - URBAINES**

élargissement de 2x 2 à 2 x 3 voies
(profil minimum sans BAU continue)

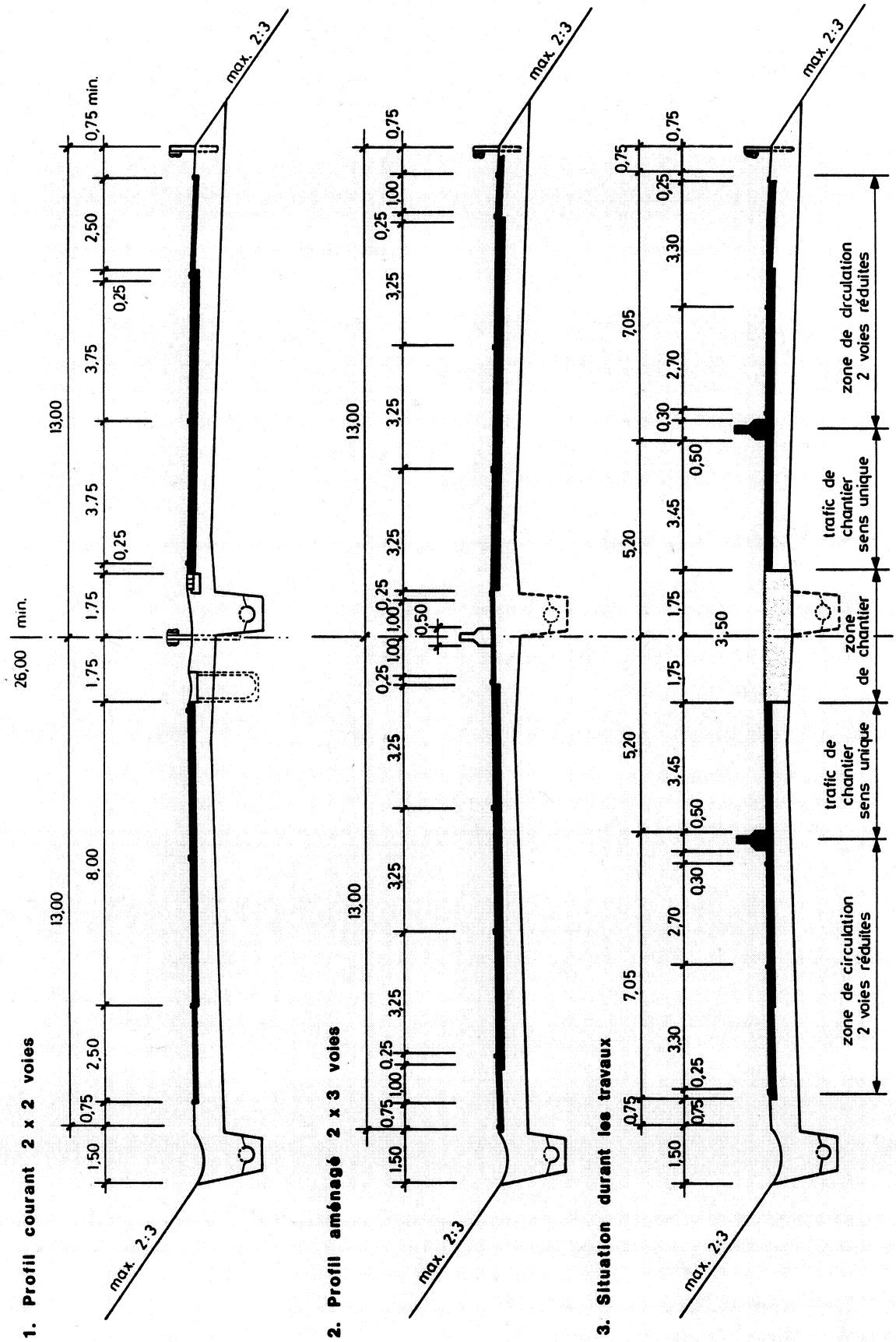
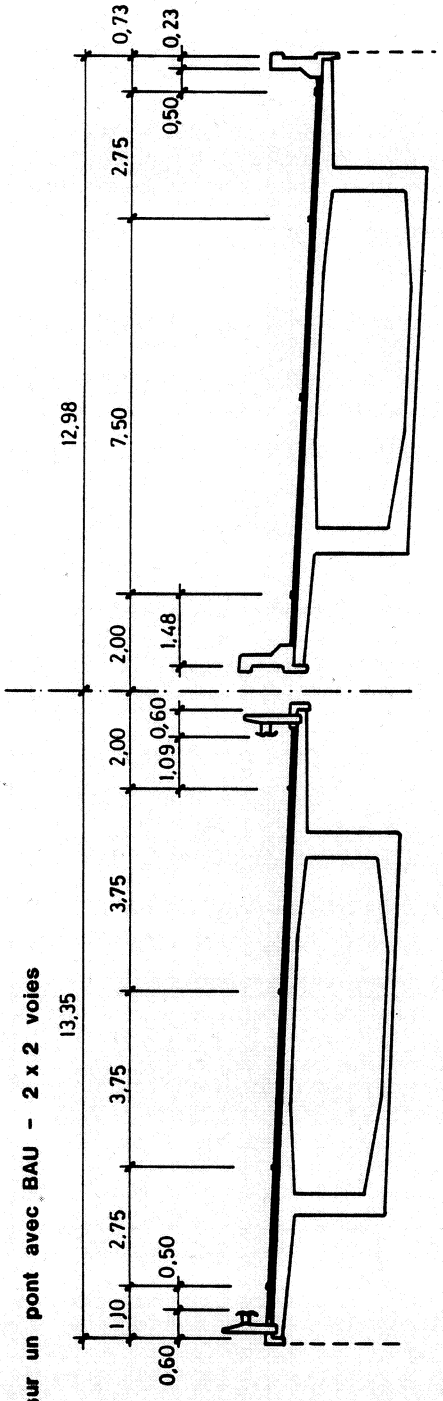
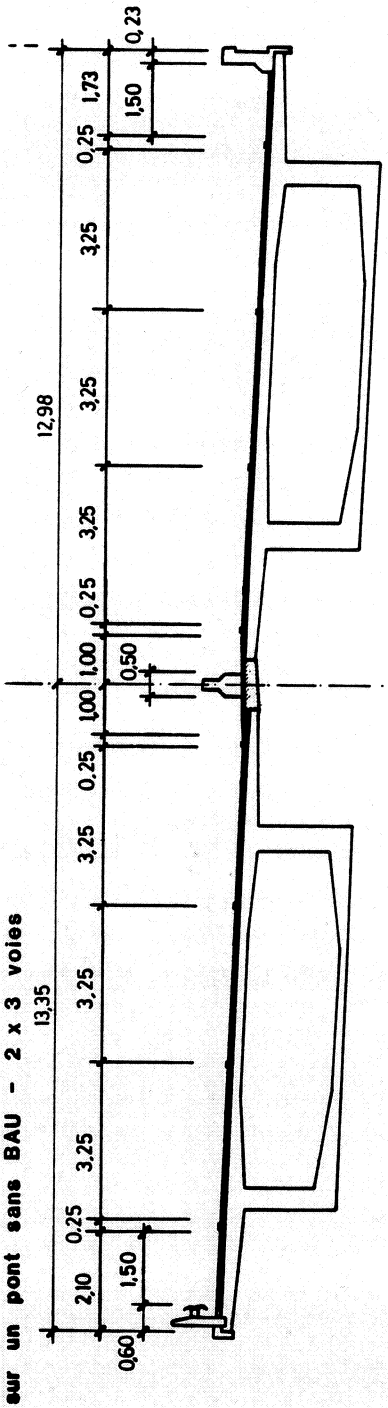


Figure 11: **AUTOROUTE DE 1ère CLASSE : CONDITIONS QUASI - URBAINES**

élargissement de 2x 2 à 2 x 3 voies
(profil minimum sans BAU continue)



1. Profil sur un pont avec BAU - 2 x 2 voies



2. Profil sur un pont sans BAU - 2 x 3 voies

3. Remarque: sur les ponts sans BAU, un élargissement minimum de 1.75 m de chaque côté est indispensable

5.5 Adjonction d'une voie supplémentaire dans les zones à forte déclivité

Une telle adjonction, qui a pour objectif de limiter la gêne due aux poids lourds, et par conséquent d'accroître la capacité, nécessite en principe également le rétablissement d'une bande d'arrêt d'urgence. Les tronçons correspondants étant en général situés dans des zones à topographie difficile, et les vitesses pratiquées sur la voie de droite étant assez limitées, une suppression peut toutefois être envisagée dans les cas extrêmes.

Un profil réduit comprenant une voie de gauche de 3,25 m et deux voies de 3,50 m comme dans les cas 5.2, avec un accotement stabilisé de 1,25 m et des places d'arrêt aménagés aux endroits possibles (distance maximale 0,5 km) peut être envisagé sans travaux importants. Le nombre des stations d'appel d'urgence sera augmenté et la mise en place d'une signalisation permettant de fermer passagèrement une des voies est recommandée.

6. CONCLUSIONS

L'étude de la littérature publiée dans le courant des dernières années montre très clairement l'importance des bandes d'arrêt d'urgence continues sur les autoroutes. Indépendamment du nombre de voies par sens de circulation, elles permettent de réduire de 30 % au moins le nombre des accidents sur les autoroutes dont la charge de trafic dépasse 40'000 véhicules par jour. Le nombre d'arrêts sur les B.A.U. est en général sous-évalué; il se situe à environ 1 arrêt pour 10'000 véhicules·kilomètre sur les autoroutes allemandes, soit en moyenne 4 arrêts par kilomètre et par jour pour les 2 sens de circulation.

Les bandes d'arrêt d'urgence facilitent par ailleurs l'accès des véhicules d'intervention lors d'accidents et donnent la possibilité d'effectuer des travaux d'entretien sans exiger la fermeture complète d'une chaussée. Elles constituent dans ce sens un équipement précieux pour l'exploitation d'une autoroute.

La largeur de 2,50 m des B.A.U. utilisée en Suisse constitue un mimimum absolu. Une largeur de 2,80 m, voire 3,0 m, serait certainement préférable.

Les travaux d'élargissement d'autoroutes réalisés à l'étranger sans fermeture complète de l'une des chaussées autoroutières montrent que l'organisation des chantiers doit être prévue avec beaucoup de soin et qu'une largeur suffisante doit être réservée pour les travaux.

Compte tenu de ces constatations, les recommandations suivantes peuvent être formulées pour l'élargissement d'autoroutes suisses de 2 x 2 à 2 x 3 voies :

1. Lors d'élargissement de tronçons importants d'autoroutes (plusieurs dizaines de kilomètres), les interventions s'effectuent sur les deux bords extérieurs des chaussées, sans modification du terre-plein central. L'aménagement de B.A.U. continues s'impose et malgré une légère réduction de la largeur des voies, tous les ponts et la plupart des passages inférieurs doivent être élargis. L'interruption locale de la B.A.U. au droit de passages supérieurs en raison du gabarit d'espace libre insuffisant peut être tolérée malgré les contraintes d'exploitation qu'elle provoque, si une autre solution se révèle trop coûteuse.

2. Sur des tronçons plus courts en rase campagne, plus particulièment entre deux échangeurs, la largeur des voies de circulation peut être réduite à un minimum de 3,25 m chacune en introduisant une limitation de vitesse à 100, voire 80 km/h. Le maintien de B.A.U. continues est par contre absolument indispensable, en raison des nombreux mouvements de changement de voies et des risques accrus d'accidents.

3. Sur les autoroutes quasi urbaines, supportant un trafic régional et local important, les contraintes géométriques (ouvrages d'art, tracé, espace limité) sont souvent considérables. Un profil réduit sans B.A.U. continues semble justifié. En réduisant la largeur du terre-plein central à 2,00 m et en l'équipant d'une séparation en béton, il est en général possible de mettre à disposition 3 voies de 3,25 m chacune avec un dégagement latéral stabilisé d'au moins 1,25 m de largeur sans intervenir sur la droite du profil. La construction de places d'arrêt aussi fréquentes que possible (distance maximale 1 km), la densification du nombre de stations d'appel d'urgence et la mise en place d'un système de surveillance et de régulation électronique des voies permet de réduire dans une certaine mesure les inconvénients de l'absence de B.A.U. continues.

4. L'adjonction de voies supplémentaires dans les zones à forte déclivité peut également se réaliser sans B.A.U. continue, compte tenu de la vitesse réduite pratiquée sur la voie de droite. Une B.A.U. devrait toutefois être aménagée lorsque la surlargeur nécessaire n'entraîne pas des coûts supplémentaires démesurés.

5. Dans le cas des autoroutes urbaines, seule une étude effectuée pour chaque cas spécifique permettra de déterminer le profil adéquat.

08.06.1990

E P F L
Laboratoire des voies
de circulation

Prof. R. Crottaz

A n n e x e s

Annexe 1 : Recherches DIRR

Annexe 2 : Liste bibliographique

Annexe 3 : L'élargissement de l'autoroute A7
entre Vienne et Valence,
article tiré de la revue
Routes et Aérodromes, n° 629, avril 1986

Annexe 1

Recherches DIRR

RESUME DES RESULTATS DE RECHERCHES DE DOCUMENTATION

PAR INTERROGATION DE LA BANQUE DE DONNEES DIRR

Thèmes	Nombre de publications
1. Elargissement des voies de circulation de 2 à 3 voies	12 rapports
2. Autoroutes à 2 x 3 voies, construction, sécurité	25 rapports
3. Autoroutes, construction par étape	3 rapports
4. Autoroutes, entretien et accidents	3 rapports
5. Modification du tracé d'une voie de circulation	24 rapports
6. Rapports internes des administrations suisses, qui n'ont pas fait l'objet d'un enregistrement DIRR	3 rapports

Annexe 2

Liste bibliographique

[1] **Zur Frage des Dreispurigen Ausbaus der bestehenden 2 x 2 spurigen Bundesautobahnen**

Auteur : D. Zweck, D
Publication : Verkehrssicherheit n° 18/1972

[2] **Paved Highway Shoulders and Accident Experience**

Auteurs : Christon L. Himbach; William W. Hunter and George C. Chao, USA
Publication : Transportation Engineering Journal, Novembre 1974

[3] **Partial-Lane Pavement Widening**

Rapport n° 28/1975 du National Cooperative Highway Research Programm, National Research Council, USA

[4] **Modifying Freeway Geometries to Increase Capacity**

Auteur : William R. McCasland, USA
Publication : Transportation Engineering Journal, Novembre 1980

[5] **Effects of Paved Shoulders on Accident Rates for Rural Texas Highways**

Auteur : Daniel S. Turner, Daniel B. Fambro and Ronny O. Rogness, USA
Publication : Transportation Research Record n° 19/1981

[6] **Before-After Accident Analysis for two Shoulder Upgrading Alternatives**

Auteurs : Ronny O. Rogness, Daniel B. Fambro and Daniel S. Turner, USA
Publication : Transportation Research Record n° 855/1982

[7] **Safety Studies Related to RRR Projects**

Auteur : Charles P. Brinkmann, USA
Publication : Transportation Engineering Journal, juillet 1982

[8] **Il problema dei cavalcavia negli ampliamenti autostadali**

Auteurs : Gabriele Camomilla, Eigidio Mancino I
Publication : Autostrade, février 1983

[9] **Die Benützung von Standstreifen der Bundesautobahnen**

Auteurs : Dieter Bauer, Fritz Busch, Wilhem Leutzbach, D
Publication : Strasse und Autobahn, avril 1984

[10] **The Influence of Roadway Surface Discontinuities on Safety**

State-of-the-Art Report, National Research Council, USA 1984

[11] **Les chantiers autoroutiers : élargissement de l'autoroute A1 en Picardie**

Auteur : Gérard Bordonado, F
Publication : Routes et Aérodromes n° 624, novembre 1985

[12] **L'élargissement de l'autoroute A7 entre Vienne et Valence**

Auteurs : Michel Fay, Michel Deniau, André Gravier et Yvon Dumazer, F
Publication : Routes et Aérodromes, avril 1986

[13] **L'élargissement de l'autoroute de Normandie dans la traversée de Mantes-la-Ville**

Auteur : T. Hufnagel, F
Publication : Revue Travaux, juillet-août 1986

[14] **Congrès mondial de la route, AIPCR, Bruxelles, 1987**

Rapport n° 4 du Comité technique
Question 3 : Dispositions générales concernant les accotements

[15] **Effects on Lane Width, Shoulder Width and Shoulder Type on Highway Safety**

Auteurs : Charles V. Zegeer and John A. Deavon, USA
Publication : TRB, State-of-Art Report n° 6, 1987

[16] **Effects of Bridge Width on Highway Safety**

Auteur : Kuig K. Mak, USA
Publication : TRB, State-of-the-Art Report n° 6,1987

[17] **Untersuchung über die Haüfigkeit von Verkehrsstörungen auf Hochleistungs- und Hauptverkehrsstrassen**

Auteur : Groupe de travail COST 30
Publication : Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure, février 1976.

[18] **Zwischentypen : Eine Untersuchung über mögliche Betriebsformen für Hochleistungsstrassen**

Auteur : IVT/ETHZ, juin 1983

[19] **N1 - Bern Wankdorf - Schönbühl; Möglichkeiten zur Erhöhung der Verkehrssichereit und Steigung der Leistungsfähigkeit ohne zusätzliche Landbeansprechung**

Auteurs : Balzari u. Schudel AG
Publication : Autobahnamtes des Kantons Bern. November 1983

Annexe 3

L'élargissement de l'autoroute A7 entre Vienne et Valence, article tiré de la revue Routes et Aérodromes, nº 629, avril 1986

L'élargissement de l'autoroute A7 entre Vienne et Valence

par

Michel FAY
Directeur régional d'exploitation de l'ASF à Valence

Michel DENIAU
Directeur de l'agence du Massif central de Scetauroute

André GRAVIER
Chef de division de Scetauroute à Valence

Yvon DUMAZER
Directeur général de l'Entreprise Guintoli

Préambule

Il y a un peu plus de vingt ans (juillet 1965) était ouverte à la circulation la section de l'autoroute A7 comprise entre Saint-Rambert-d'Albon et Valence nord qui, s'ajoutant aux tronçons déjà en service au nord et à la déviation de Valence construite quelques années auparavant, permettait une liaison continue autoroutière de Vienne à Valence.

Légitimement fiers de cet ouvrage et convaincus d'avoir réglé pour longtemps les problèmes du transit dans cette partie de la vallée du Rhône, nos prédécesseurs ne pouvaient penser que quinze ans plus tard on reparlerait de « bouchons » entre Vienne et Valence.

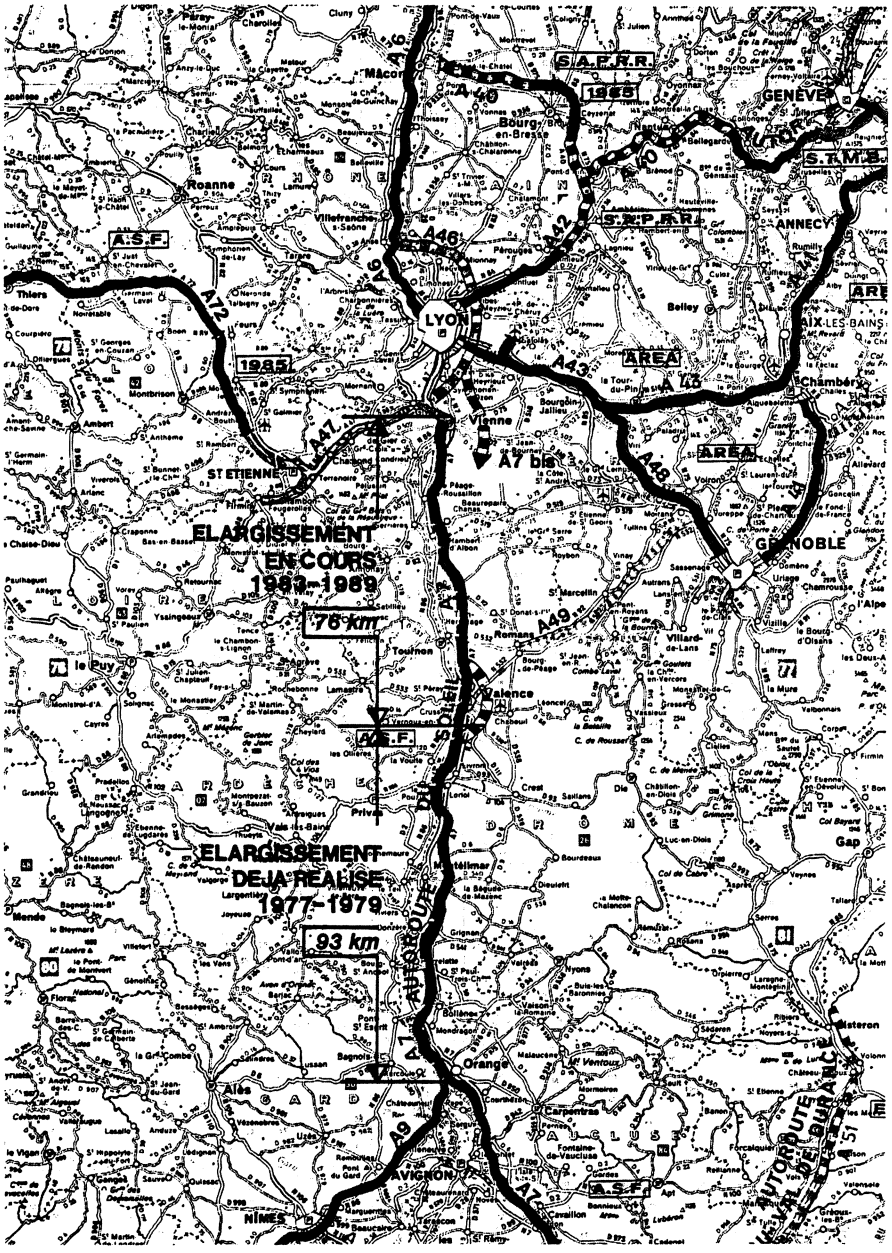
Pourtant, dix ans après cette mise en service, le trafic dépassait le seuil des 25 000 v/j en moyenne annuelle (1975) et commençaient d'apparaître, l'été, « congestions » et « bouchons », heureusement sur de courtes périodes liées aux grandes migrations estivales.

Malgré le fléchissement de la croissance annuelle de la circulation routière consécutif aux chocs pétroliers, la fréquentation sur A7 n'a cessé de croître pour atteindre 30 000 v/j en moyenne annuelle en 1978 et 37 700 v/j en 1985.

Certes, un trafic de 37 700 v/j, même avec 20 % de poids lourds en moyenne annuelle pourrait s'écouler sans difficultés majeures sur une autoroute à deux fois deux voies, pour autant que la répartition mensuelle soit relativement uniforme.

Mais comme tout un chacun le sait, l'autoroute A7 est le boulevard privilégié vers les plages du midi de la France et de l'Espagne : il s'ensuit un gros écart entre les trafics d'été (juillet et août) et les trafics d'hiver. Le rapport entre le trafic journalier mensuel du mois d'été le plus chargé (65 000 v/j en août) et celui du mois le moins chargé d'hiver (< 20 000 v/j) dépasse trois, ce qui est, à notre connaissance, très exceptionnel et ne se retrouve sur aucune autre autoroute de liaison.

Et cela conduit, bien évidemment, à un nombre exceptionnel d'heures de satura-



tion l'été où la vitesse moyenne tombe parfois à 30 km/heure entre Valence et Vienne, ce qui pour une autoroute de liaison n'est pas une performance enviable.

Prévoyant cette évolution, la Société des autoroutes du sud de la France s'est préoccupée dès 1972 de l'amélioration à terme de la capacité de l'autoroute A7.

Dès 1976, l'élargissement à deux fois trois voies était entrepris au sud entre Orange et Valence, tronçon le plus chargé par suite des trafics additionnels venant ou à destination des Alpes.

En 1983 était entreprise la poursuite de l'élargissement à deux fois trois voies au nord de Valence, à la cadence de 10 km/an d'abord, cadence que nous espérons porter à 20 km/an à partir de l'automne 1986 pour hâter l'achèvement de ces travaux.

1. Le trafic sur la vallée du Rhône, évolution, répartition par section et dans le temps, composition

Treize millions huit cent mille véhicules, soit une trentaine de millions de personnes, sont passés à Vienne en 1985, tout le monde connaît donc cet accès à la Méditerranée mais il n'est sans doute pas inutile de préciser un peu les caractéristiques de cette circulation et son évolution.

1.1. Evolution du trafic 1965/1985 depuis la mise en service et prévision

La fréquentation de cet axe a doublé de 1971 à 1985, tandis que le trafic poids lourds était multiplié par 2,35 sur la même période.

Il est bien sûr hors de question de prolonger la tendance observée sur le passé pour la période des quinze ans à venir (le trafic de l'an 2000 dépasserait selon une telle hypothèse 75 000 v/j). La prévision adoptée s'appuie sur la moyenne de la croissance annuelle des dernières années 80 à 85, corrigée de l'effet d'induction de trafic lié à la nouvelle offre de transport correspondant aux deux fois trois voies et des reports possibles sur infrastructures parallèles dont l'aménagement est prévu d'ici à l'an 2000.

Cette hypothèse conduit à retenir pour l'an 2000 un trafic caractérisé par un TMJA (trafic moyen journalier annuel) de 51 000 v/j, des pointes horaires de 5 000 à 5 500 v/h à la 30e heure et des trafics journaliers mensuels pour juillet et août dépassant 85 000 v/j.

La répartition des pointes horaires sera un peu plus sévère en nord/sud (Lyon/Marseille) qu'en sud/nord par l'effet de proximité de l'agglomération lyonnaise et l'étalement des retours ; l'asymétrie de la répartition des heures de pointe par sens est déjà observée actuellement.

Si les hypothèses ainsi faites que nous estimons réalistes se confirment, on

Evolution du trafic à la barrière de Vienne Reventin de 1965 à 1985

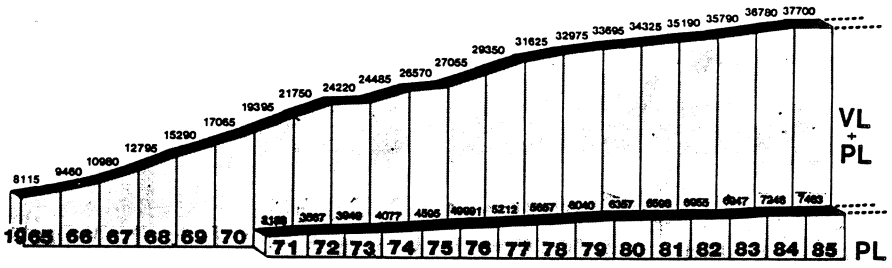


Tableau des prévisions de trafic à quinze ans

Années	TMJA (*) deux sens	30e heure de pointe/sens v/h
1990	42 300	4 100 à 4 500
1995	47 000	4 500 à 5 000
2000	51 000	5 000 à 5 500

(*) TMJA : Trafic moyen journalier annuel

constate que l'augmentation de capacité apportée par le passage en continu à deux fois trois voies sera vite consommée et qu'une nouvelle augmentation s'avérera indispensable pour l'horizon 2000 : autoroute de doublement, itinéraires de substitution plus éloignés (RN 9, RN 85 ou 75) ou passage à deux fois quatre voies (bien problématique à imaginer sur une grande partie du tracé particulièrement entre Vienne et Valence).

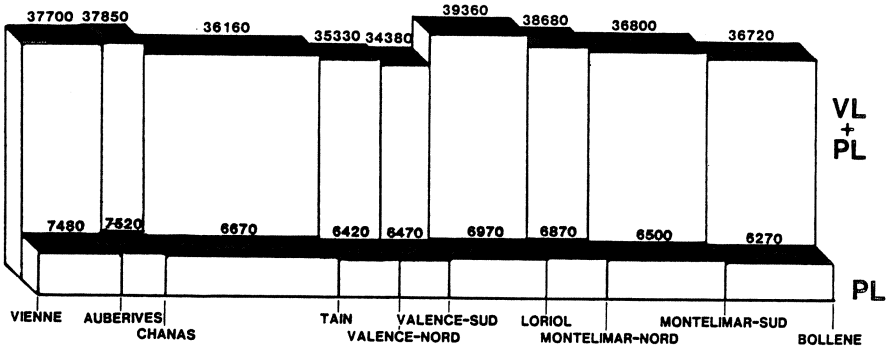
1.2. Répartition du trafic par section en 1985

Le niveau de trafic est relativement uniforme sur l'ensemble des sections entre Vienne et Orange ; la section la plus chargée est celle comprise entre Valence-sud et Loriol, la section la moins chargée étant celle comprise entre les deux échangeurs de Valence-nord et Valence-sud.

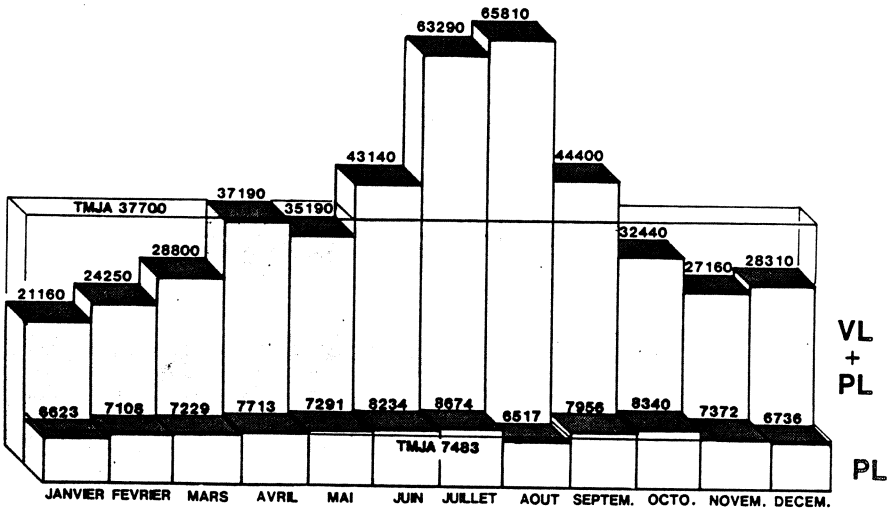
1.3. Répartition mensuelle du trafic en 1985

Le pourcentage moyen de poids lourds sur l'année dépasse 18 % sur l'ensemble de la section Vienne - Orange. Ce pour-

Répartition du trafic par section



Répartition mensuelle du trafic sur l'année 1985



centage décroît à l'évidence l'été, mais la cohorte des caravanes qui emprunte l'autoroute à la belle saison compense largement cette diminution, si l'on admet qu'un véhicule tractant une caravane est équivalent à un poids lourd pour le calcul en UVP.

C'est dire que la seule période où il est possible d'envisager la réalisation de travaux importants (impliquant donc forcément une gêne à la circulation) se situe d'octobre à mars, sous réserve de rétablir du 20 décembre au 5 janvier une capacité quasi normale à l'autoroute pour les pointes de fin d'année.

Contrairement à l'autoroute A6, aux autoroutes alpines et même à l'autoroute A7 au sud de Valence, la section Vienne-Valence est peu affectée par les migrations hivernales vers la neige. Les pointes hivernales sont très localisées à la période des fêtes de fin d'année et restent donc relativement plus faibles que celles de l'été.

Par contre, nous enregistrons de fortes pointes lors des week-end des fêtes de Pâques, Pentecôte : les pointes maximales enregistrées jusqu'ici l'ont souvent été en ces périodes.

2. Choix entre élargissement et autoroute de doublement

L'amélioration de capacité nécessaire pouvait se concevoir soit par l'élargissement à trois voies soit par la construction d'une autoroute de doublement : une « A7 bis ».

En fait, au sud de Valence, l'autoroute plus récente avait été d'emblée conçue et construite pour être élargissable par réduction de 12 m à 5 m du terre-plein central. L'alternative n'existait donc pas vraiment entre Valence sud et Orange, et tout naturellement, l'option d'élargir cette section à deux fois trois voies a été décidée et menée à bien de 1977 à 1979 sur une longueur de 93 km, donc en peu de temps et à moindre frais.

Au nord de Valence, bien au contraire, seules les emprises et les ouvrages avaient été prévus pour un passage ultérieur à deux fois trois voies qui ne pouvait se faire que par l'extérieur de la plate-forme d'origine.

Avec un trafic d'origine évalué à 7 000 v/j, l'horizon de franchissement du seuil de 25 000 v/j paraissait si lointain qu'il n'avait pas été jugé opportun, à l'époque, de retenir une plate-forme élargissable par l'intérieur.

Aussi l'élargissement à deux fois trois voies de Vienne-Valence forcément plus coûteux qu'une réduction de terre-plein central a t-il été mis en concurrence avec la construction éventuelle d'une autoroute de doublement.

L'ASF aurait souhaité faire prévaloir l'option de doublement dont elle attendait, avec la solution des problèmes de capacité, une souplesse d'exploitation et une sécurité plus grande en cas d'incident ou d'accident, du fait des possibilités de report de la circulation d'une infrastructure sur l'autre. Surtout, cette solution aurait permis de mener le chantier en dehors du trafic actuel.

Avec le temps et avec la croissance du trafic s'est résolu de lui-même le problème du choix. L'alternative *élargissement* ou *autoroute de doublement* s'est effacée au profit d'une option d'aménagement progressif : il fallait aller vite et donc élargir pour rétablir des conditions de circulation normales à moyen terme ; l'autoroute de doublement, nécessaire au-delà, sera réalisée plus tard.

Cette échéance ne devrait pas être si lointaine qu'il y paraît puisque l'évolution du trafic le justifie à l'horizon 2000, et quinze ans, c'est le délai qu'il faut souvent pour passer de l'intention à la mise en service d'une autoroute.

3. Principe d'élargissement

3.1. Historique

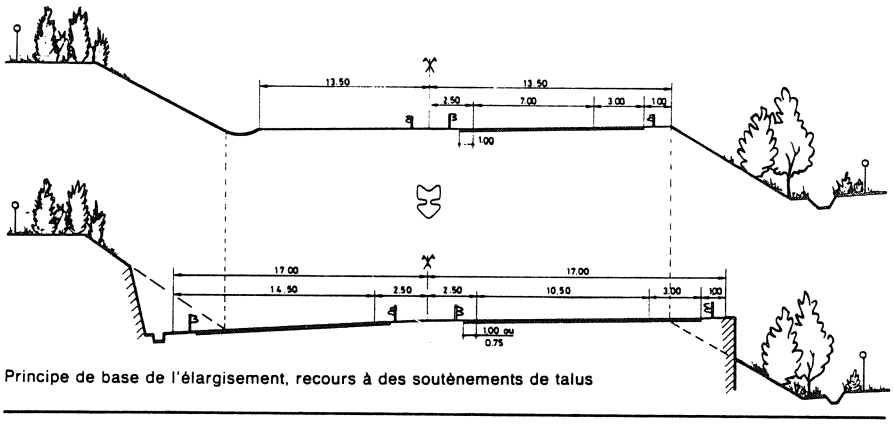
Les premières réflexions relatives à l'élargissement de A7 entre Vienne et Valence remontent donc à 1972 ; plusieurs études successives avaient ensuite été menées, chacune apportant par rapport à la précédente des modifications... surtout inspirées par la croissance du trafic qui avait été observé entre temps et qui rendait l'entreprise de plus en plus difficile.

En 1979, une synthèse et une mise à jour de ces réflexions permettaient de jeter les bases des grands *principes* qui allaient présider aux futurs travaux.

3.2. Les grands principes

Ils étaient les suivants :

- la difficultés primordiale de l'élargissement est liée à la présence de la circulation générale et à l'impossibilité de l'interrompre ou de la perturber durablement ;
- la seule période de travaux possible est la période d'« hiver », d'octobre à avril pour l'essentiel, (c'est-à-dire la période habituellement évitée pour les chantiers de travaux publics). Pour que le chantier soit réalisable malgré les intempéries il faut qu'il soit le plus standardisé et le plus « manufacturé » possible ;
- les secteurs de travaux doivent être assez courts, afin d'éviter l'impatience des



Principe de base de l'élargisement, recours à des soutènements de talus

Mur de soutènement de remblai ; on note la préservation des grands sujets végétaux (Photo Yannick Collet)

usagers et de faciliter les interventions ; si plusieurs secteurs de travaux sont menés simultanément, ils doivent être séparés par des sections à circulation « normale », assez longues pour que le reclassement des véhicules puisse s'opérer ;

- les travaux relatifs à une section doivent ne concerner simultanément qu'une seule des deux chaussées en regard (l'autre étant laissée intacte) et être conduits sans désemparer et en totalité pendant la saison de travaux : il faut donc deux campagnes pour élargir les deux chaussées d'une section donnée ;

- conséquence de ce qui précède : il faudra six à sept années pour terminer l'élargissement entre Vienne et Valence, et ceci quel que soit le schéma retenu pour la programmation ;

- la plate-forme doit être élargie d'emblée à ses dimensions définitives, à deux fois trois voies avec ses bandes d'arrêt d'urgence, afin de ne pas être obligé de recommencer, à peu d'années d'intervalle, une intervention malgré tout assez pénible pour tout le monde ;

- le chantier doit être séparé physiquement de la circulation et celle-ci doit pouvoir disposer, à tout moment, de deux files continues par sens ;

- conformément aux intentions des premiers concepteurs, l'élargissement se fait par l'extérieur, c'est-à-dire que le terre-plein central n'est pas touché;

- les travaux d'élargissement sont mis à profit pour « remettre à neuf » l'autoroute, quant aux normes géométriques, aux équipements, etc.

Bien entendu, il était admis que ces principes pouvaient supporter quelques exceptions, mais sélectionnées assez sévèrement. Dans l'ensemble, lors de l'affinage ultérieur des projets, ils ont pu être respectés, et la suite des événements a parfaitement confirmé leur validité.

3.3. La section courante

Le parti technique de base consiste à réaliser l'élargissement par recours fréquent à des **dispositifs de soutènement de talus,** dès lors que les talus (de déblais ou de remblais) excèdent quelques mètres de hauteur. En effet, de tels dispositifs présentent de nombreux avantages :

- les terrassements sont minimisés, ce qui est indispensable compte tenu de la période d'exécution et de l'impossibilité pratique d'organiser un « mouvement des terres » (tous les déblais vont aux dépôts et tous les remblais viennent de carrières extérieures) ;

- l'utilisation d'éléments préfabriqués, dans certaines techniques, réduit les opérations sur le site ;

- les équilibres existants sont peu perturbés ;

- l'assiette de l'autoroute est conservée ;

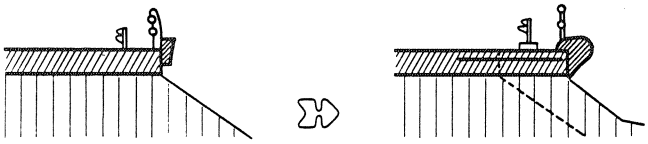
- les éléments de végétation existant sur les talus et les abords sont préservés au maximum ;

- aucune acquisition d'emprise n'est nécessaire, ce qui simplifie grandement les procédures.

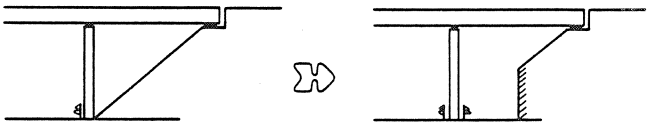
On notera d'ailleurs avec intérêt que l'autoroute, qui avait été perturbatrice au temps de la construction, il y a vingt ans, fait maintenant partie intégrante du site, qui l'a « assimilée ». C'est la raison pour laquelle son élargissement rend nécessaire une « étude d'impact » destinée à vérifier que le site ainsi constitué ne sera pas trop bouleversé. Cette constatation montre que l'impact sur l'environnement des infrastructures nouvelles est moins traumatisant qu'on ne le dit parfois.

3.4. Les ouvrages d'art

L'ouverture des passages supérieurs et la largeur des passages inférieurs ne permettent pas d'assurer la continuité de

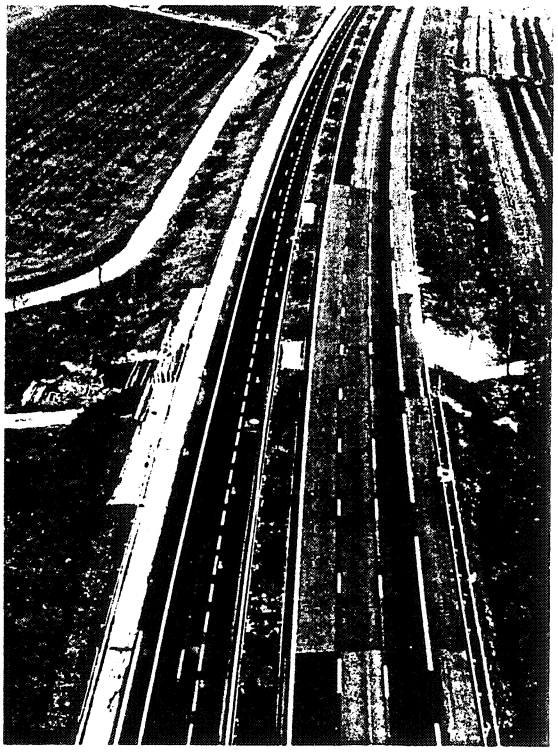


Elargissement de passage inférieur



Passage de la bande d'arrêt d'urgence derrière la pile de rive

Un passage inférieur élargi (à droite) et en cours d'élargissement (à gauche)
(Photo Yannick Collet)



Rénovation du pont sur l'Isère. Dans ce cas particulier, la chaussée a dû être mise à double sens avec des séparateurs en béton
(Photo Yannick Collet)

la bande d'arrêt d'urgence : il s'en faut d'environ 1,50 m. La question de savoir s'il faut ou non assurer cette continuité n'a pas été définitivement tranchée.

On sait maintenant, pour l'avoir expérimenté sur une section de 10 km, qu'il est parfaitement possible d'élargir les passages inférieurs courants, grâce à des techniques à base de barres d'ancrage dans le tablier existant et de refonte des murs de tête.

Pour les passages supérieurs, le problème est plus délicat, puisqu'il faudrait supprimer ou déplacer les piles de rive (ce qui est actuellement à l'étude sur un cas particulier). L'artifice utilisé sur une des sections, à titre expérimental, a consisté à rétablir la bande d'arrêt d'urgence derrière les piles de rive.

Sur les sections en construction actuellement, les ouvrages ne sont pas modifiés, mais ces modifications seront toujours possibles par la suite, sans perturbation notable car ces travaux sont peu encombrants.

Quant aux ouvrages d'art importants, il n'est pas question pour l'instant de les élargir, mais ils donnent lieu à des allègements de superstructures et à des rénovations.

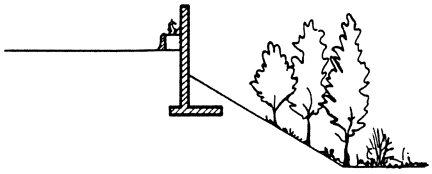
3.5. La rénovation de l'autoroute

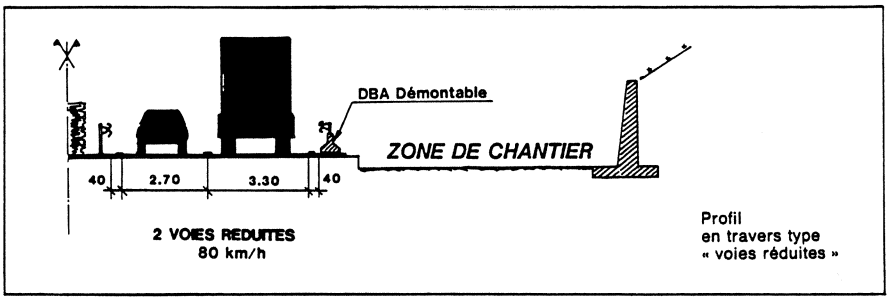
Sous ce titre, on peut englober un ensemble de préoccupations qui relèvent d'un des grands principes exposés précédemment : il serait dommage de pratiquer une telle chirurgie sur l'autoroute sans en profiter pour faire un « lifting » à cette vieille dame de ... vingt ans sonnés.

C'est donc un des partis techniques qui a été adopté systématiquement et qui représente d'ailleurs une partie non négligeable du coût de l'opération. Cette rénovation porte, selon les cas, sur les points suivants :

- **géométrie** : mise aux normes des dévers, des attaches et des bretelles de certains échangeurs ;
- **terrassements** : traitement des rares zones à problèmes ;
- **chaussées** : réalisation d'une couche de roulement générale sur toutes les voies ;
- **écoulement** des eaux : modernisation du réseau d'écoulement, création de bassins-tampons et de déshuileurs ;
- **équipements** : changement des glissières, des clôtures, modernisation du téléphone, mise en place de fourreaux longitudinaux en attente pour d'éventuelles télécommandes et télétransmissions, etc.

Surélévation d'un mur de crête de talus de remblai formant écran acoustique





Profil en travers type « voies réduites »

Enfin, nous mentionnerons tout spécialement les efforts faits en matière de bruit ; l'élargissement à deux fois trois voies n'a bien entendu aucun influence en soi sur le niveau de bruit engendré par l'autoroute. Mais, toujours selon le même principe, il a paru intéressant d'améliorer la situation lorsque, par exemple, il suffisait pour cela de prolonger ou de compléter les infrastructures mises en œuvre : le cas typique est celui des murs de soutènement en crête de talus de remblais, dont la simple surélévation, peu coûteuse, peut constituer écran acoustique. De la même façon, il a parfois été possible, par entente avec les riverains, de constituer des dépôts de déblais en merlons acoustiques, pour le plus grand intérêt des deux parties.

On pourrait ainsi varier les exemples.

4. Planification des travaux Sectionnement du chantier

Alphonse Allais, comme il proposait de mettre les villes à la campagne, aurait pu suggérer l'idée d'interrompre le trafic pendant les travaux : idée simple et séduisante que certains usagers nous ont proposée et dont notre maître d'œuvre a bien dû rêver quelquefois, en prenant la mesure des contraintes posées par le maintien d'une convivialité satisaisante entre le chantier et les usagers.

Cette idée écartée, il convenait donc de concevoir un découpage des travaux à réaliser sur les 76 km de la section à aménager, découpage dans le temps et dans l'espace assurant un bon compromis entre deux impératifs contradictoires :

- exécution aussi rapide que possible de ce chantier, sachant que la pleine efficacité de l'aménagement ne peut être attendue qu'au terme des travaux lorsque la continuité à deux fois trois voies est assurée de bout en bout ;
- maintien d'une fluidité satisfaisante de la circulation et de la sécurité en tout temps.

4.1. Période d'exécution des travaux

Le trafic en période estivale (65 000 v/j sur juillet et août) imposait d'interrompre tous les travaux du 15 juin au 1er octobre. Les campagnes annuelles ont donc été prévues du 1er octobre au 15 juin, au plus tard, de l'année suivante. Travailler l'hiver dans le sud de la vallée du Rhône ne comporte guère de risques, encore que l'hiver exceptionnel de 1970 apporte un certain démenti à cette affirmation. Mais au nord de Valence, il y avait un pari nécessaire qui a été tenté et qui, jusqu'ici, a bien voulu tourner à notre avantage.

Chaque campagne annuelle est, du fait de la circulation des fêtes de fin d'année, découpée en deux sous-campagnes :

- première sous-campagne : 1er octobre/20 décembre,
- seconde sous-campagne : 5 janvier/31 mars.

Entre fin mars et le 15 juin, les travaux de finition en bord de plate-forme sont poursuivis mais la circulation est dès que possible rétablie sur deux voies avec bande d'arrêt d'urgence. La mise en service de la section aménagée à trois voies intervient au plus tard le 15 juin.

4.2. Principe d'organisation du chantier

L'analyse des trafics horaires nous a conduits à exclure la possibilité de réduire à une seule voie de circulation quelle que soit l'époque de l'année et de retenir donc un système de voies réduites : voie rapide de 2,70 m et voie lente de 3,30 m, bandes dérasées de droite et de gauche réduites à 0,40 m.

Par ailleurs, et contrairement aux travaux d'élargissement par l'intérieur (réduction du TPC) où il est possible de concevoir un chantier glissant très mécanisé à un rythme d'avancement relativement constant, l'élargissement par l'extérieur impose un découpage par zone de travaux.

Après un certain tâtonnement, nous sommes arrivés aux principes de base suivants :

- découpage de la section à élargir par sous-section d'environ 10 km, chacune étant réalisée sur deux campagnes, une campagne par sens ;
- les chantiers sont organisés en quinconce pour laisser libre la chaussée opposée à la zone de travaux ;
- les sous-sections de 10 km par sens sont elles-mêmes sous-divisées en chantier unitaire de 2,5 km, de telle manière que l'on ait une zone de 2,5 km de travaux suivi d'une zone libre de même longueur.

Le décalage en quinconce résulte de la nécessité de garder, pour la sécurité, la possibilité d'établir un double sens sur la voie opposée en cas d'incident sur la zone de chantier ; les interruptions de

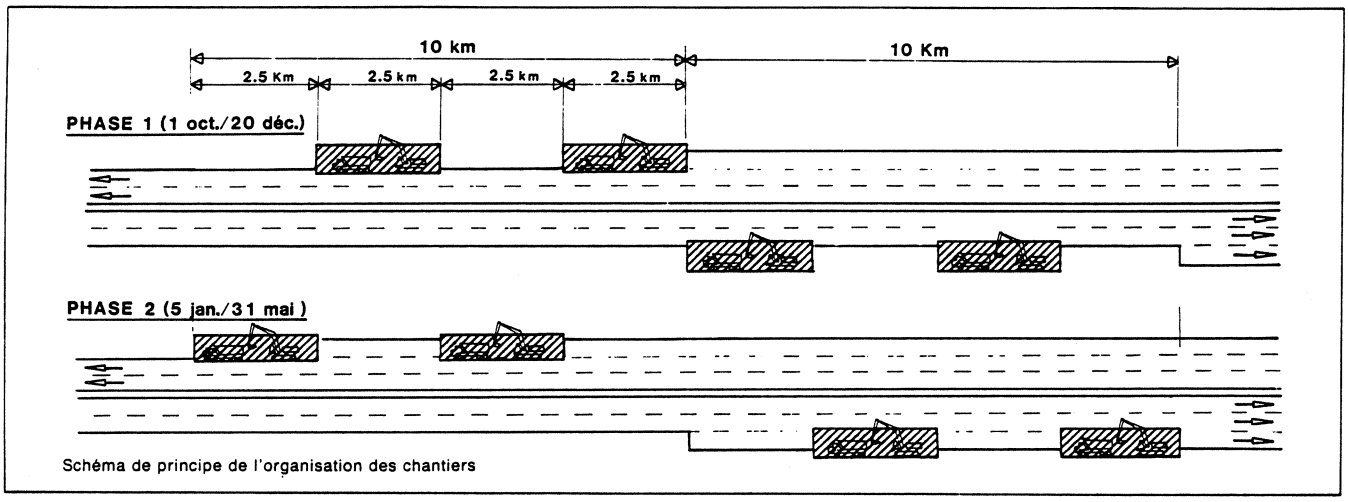


Schéma de principe de l'organisation des chantiers

terre-plein central sont laissées ouvertes pour cette éventualité.

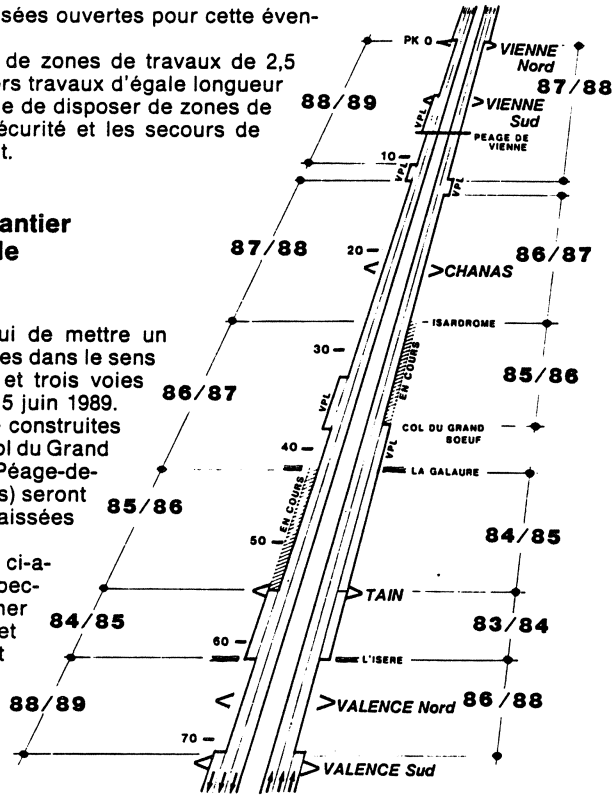
L'alternance en linéaire de zones de travaux de 2,5 km, suivies d'intervalles hors travaux d'égale longueur offre aux usagers l'avantage de disposer de zones de reclassement et pour la sécurité et les secours de disposer d'une zone d'arrêt.

4.3. Découpage du chantier par campagne annuelle et échéancier général

L'objectif retenu est celui de mettre un service en continu, trois voies dans le sens sud/nord au 15 juin 1988, et trois voies dans le sens nord/sud au 15 juin 1989.

Les chaussées en rampe construites dès l'origine à trois voies (col du Grand Bœuf, montée de Péage-de-Roussillon, côte d'Auberives) seront dans une première phase laissées en état.

Sur la base des principes ci-avant décrits, et dans la perspective de l'objectif d'en terminer en 1989, le découpage et l'échéancier retenus sont schématisés sur le croquis ci-contre.



Découpage et échéancier général

5. Sécurité sur l'autoroute et sur le chantier

Nos réflexions en la matière et l'expérience (celle des autres comme la nôtre) nous ont orientés vers l'adoption de quelques mesures de principe de base :

- assurer une bonne séparation physique entre la zone circulée et la zone réservée au chantier pour éviter les interactions génératrices de danger entre le chantier et l'autoroute et vice versa ;
- interdire l'accès par l'autoroute des véhicules et engins du chantier, pour éviter les conflits potentiels aux insertions ;
- assurer une surveillance renforcée et mettre en place un dispositif d'alerte se substituant aux bornes d'appel d'urgence déposées pendant les travaux ;
- mettre en œuvre une signalisation soignée et renforcée pour s'assurer de l'attention et de la vigilance des usagers et offrir un bon guidage dans les voies réduites sans bande d'arrêt d'urgence.

5.1. Séparation physique entre zone circulée et chantier

Dès octobre 1983, lors du lancement de la première campagne de travaux, des éléments de 3,98 m de long dérivés du profil DBA mais limités à 0,50 m de hauteur pour en alléger le poids ont été préfabriqués en usine. Ces éléments sont surmontés d'une glissière métallique de récupération montée sur potelets fixés sur la DBA. La glissière est peinte en jaune et reçoit des délinéateurs orange pour parfaire le guidage.

La société disposant d'un parc d'éléments (plus de 10 km) à la disposition de l'entrepreneur adjudicataire, c'est ce dernier qui en assure la pose et la manutention et le retour sur parc en fin de campagne.

La mise en place des éléments d'un poids d'environ 2 tonnes est réalisée avec une grue mobile installée sur une semi-remorque transportant douze éléments DBA : les éléments sont bloqués entre eux par un système de tenon et mortaise qui facilite également la mise en place. Les cadences de pose et dépose réalisées sont de l'ordre de 700 ml/jour.

Des éléments spéciaux, avec coffret métallique incorporé pour recevoir des batteries supportent les bornes du système d'appel d'urgence (un tous les 300 m).

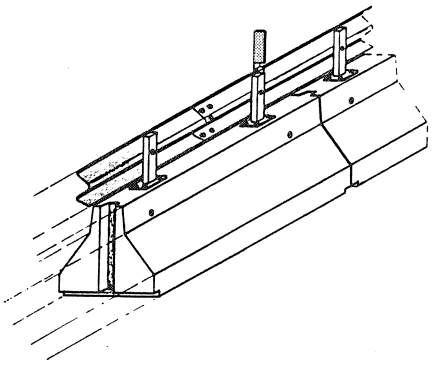
La résistance au choc du séparateur est apparue satisfaisante : le déplacement constaté des éléments après un choc de poids lourd n'a jamais été supérieur à 0,60 m.

5.2. Accès du chantier par l'extérieur

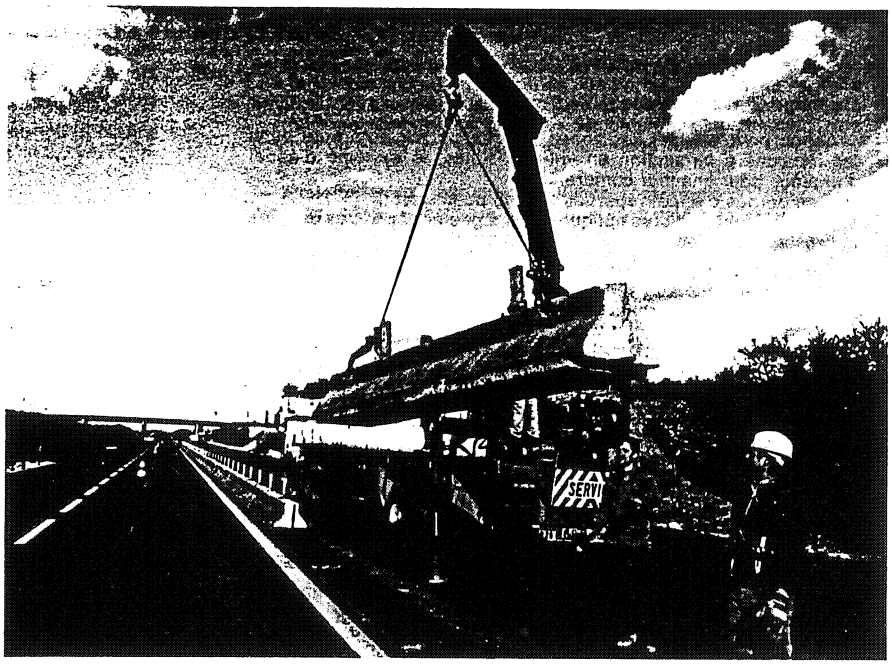
Pour éviter les zones de conflit aux insertions, le cahier des charges prévoit l'accès du chantier par l'extérieur. Pour l'essentiel, cette disposition, particulièrement intéressante pour la sécurité mais contraignante pour l'entreprise, a pu être appliquée, sans qu'il en résulte de plus-values exorbitantes autres que les frais liés à la remise en état de voiries locales non conçues pour supporter les trafics correspondants.

5.3. Surveillance du chantier

La surveillance du chantier a d'abord été assurée par renfort d'équipes de l'ASF : fourgon de sécurité assurant des rotations pour le balisage et le dépannage



Séparateur en éléments préfabriqués DBA et glissière métallique



Mise en place du séparateur par éléments préfabriqués (Photo Yannick Collet)

des véhicules en panne dans la zone de chantier exploitée sans bande d'arrêt d'urgence. Les fourgons de sécurité ont été équipés de « tampon caoutchouc » sur pare-chocs avant pour pousser les véhicules hors de la zone de danger. En cas d'incidents, un fourgon intervient pendant qu'un deuxième protège.

Pour permettre une alerte rapide en cas d'arrêt ou d'accident, il a été recherché la possibilité de remettre en place un système de borne d'appel d'urgence se substituant à celles existantes mais déposées pour l'exécution des travaux.

Les contraintes du chantier excluant les connexions par câbles, nous nous sommes orientés vers des liaisons radio utilisant les équipements fixes de la société (relais, PC). Outre l'alerte, le système permet la protection immédiate par allumage de panneaux fibres optiques en amont de l'incident, dans l'attente de l'arrivée des secours.

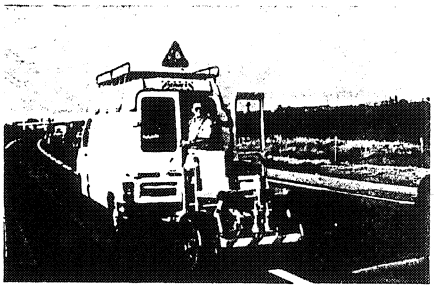
5.4 Signalisation

Le dispositif de signalisation horizontale et verticale ne présente guère d'originalité particulière. Deux aspects peuvent cependant être signalés :

- le fait d'isoler le chantier de la chaussée circulée par un dispositif de séparation lourde peut, à certains égards, conduire les usagers à ne pas se considérer comme circulant sur une zone de chantier. Pour renforcer l'alerte et la vigilance des usagers, les panneaux de réglementation ont été complétés par des panneaux de conseils de prudence et de vigilance surtout par temps de pluie, répétés de manière à maintenir une « ambiance travaux » ;

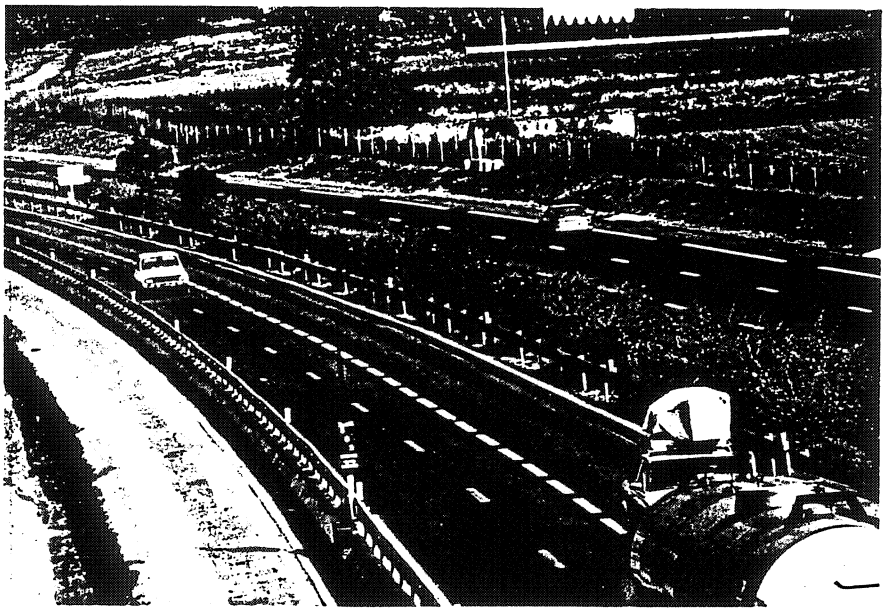
- le marquage des voies réduites et des biseaux de raccordement pose à l'évidence le problème classique de l'effaçage.

Ainsi les difficultés d'effaçage des marquages provisoires en peinture traditionnelle rencontrées sur la première section nous ont conduits à utiliser des bandes collées à 3 M Scotchlane 5161 en marquage axial et en rive côté chantier ; ce type de bande n'avait jamais été utilisé sur une aussi grande longueur.



Machine d'application de la bande collée 3M Scotchlane 5161

Vue de l'implantation des bornes sur chantier (photo Yannick Collet)



Avantages du procédé

- parfaite visibilité de nuit (environ 1 000 HCD/LUX/M2) ;

- la bande se décolle sans laisser de trace résiduelle ;

- application rapide à l'aide d'une machine dont la cadence de pose est de l'ordre de 5 à 6 km/h ;

- remise en circulation immédiate après la pose.

Système d'appel d'urgence pour chantier connecté par radio
présenté par M. EGRETZ, Société SOGITEC à Boulogne

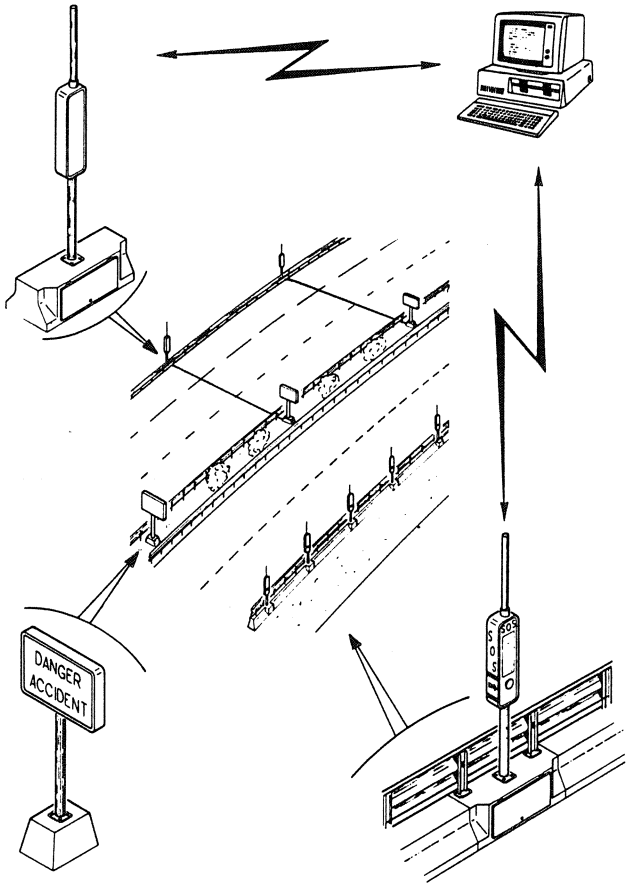
Conception du système

Conçu pour équiper les zones de travaux sur autoroute dans les tronçons à circulation en voies réduites, le système d'appel d'urgence pour chantier comprend :
- les bornes d'appel réparties le long du chantier,
- les panneaux à fibres optiques pour signaler aux autres usagers la présence d'un obstacle.

L'ensemble de ces équipements est relié par radio à un micro-calculateur installé au PC de district.

Une imprimante journal de bord enregistre tous les événements en les horodatant.

Ce système permet donc à un usager en détresse ou accidenté d'auto-assurer sa protection par l'allumage des panneaux amont, dans l'attente de l'arrivée des secours.



Synoptique du système d'alerte d'urgence

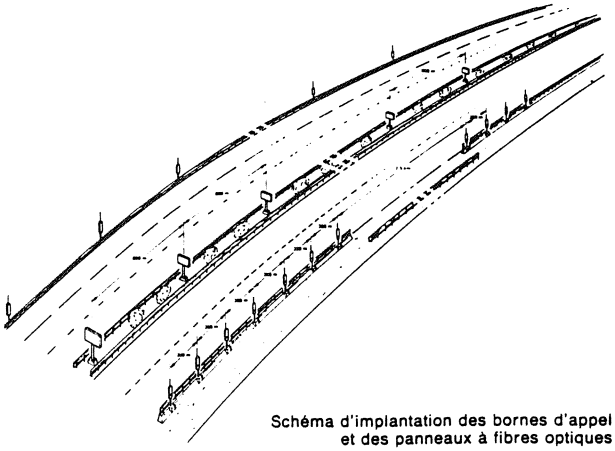
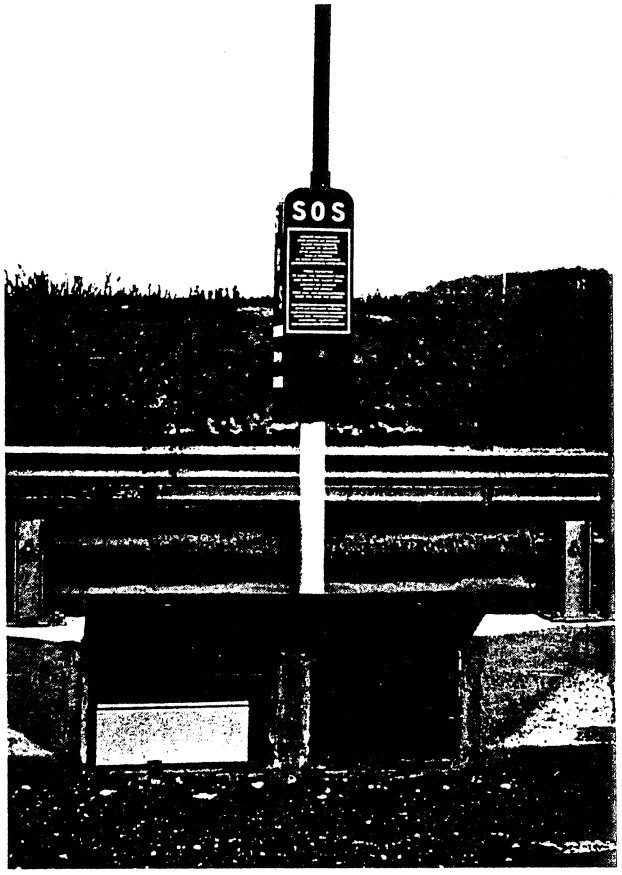


Schéma d'implantation des bornes d'appel et des panneaux à fibres optiques



Borne d'appel d'urgence avec coffret pour batterie et équipements

Description des sous-ensembles

— **Borne d'appel.** Chaque élément d'appel regroupe :
- la borne installée sur un élément de DBA (séparateur en béton armé),
- la batterie installée dans une réserve de l'élément de DBA et donnant à l'ensemble une autonomie d'environ trente jours,
- le coffret radio avec tous les équipements associés (appel sélectif cinq tons, ...) installé également dans la DBA.

L'ensemble borne d'appel constitue un bloc entièrement autonome, sans liaison filaire avec l'extérieur.

— **Panneau.** Chaque élément panneau comprend :
- caisson fibres optiques qui permet l'affichage en alternance des mentions « danger » - « accident ». L'ensemble est fixé sur un élément de séparateur béton posé dans le terre-plein central ;
- ensemble de commande qui est installé dans et sur un élément de DBA, constitué de :
  . l'antenne radio avec son support,
  . le coffret radio avec les équipements associés,
  . la batterie de 12 V assurant une autonomie d'environ huit jours pour un temps de fonctionnement panneau de quinze minutes/jour.

— **Poste de surveillance :** installé au PC du district il comprend :
- le système radio avec son interface d'appel sélectif cinq tons,
- le micro-calculateur avec son imprimante journal de bord.

L'ensemble assure les tâches suivantes :
- gestion du parc des équipements,
- prise en compte des appels et allumage automatique des panneaux,
- test des équipements.

La tâche de gestion des équipements permet à l'utilisateur de définir :
- l'implantation (sens et PK) de chaque borne installée,
- l'implantation (sens et PK) de chaque panneau installé.

La tâche de surveillance des équipements, permet :
- la prise en compte des appels,

- la télécommande des panneaux en manuel ou en automatique,
- le test des équipements.

Cas du chantier d'élargissement ASF

Les travaux concernent des tronçons de 2,5 km où la circulation s'effectue sur deux voies réduites. Un intervalle de 2,5 km est prévu entre chaque tronçon en chantier.

Cette disposition des chantiers a permis de placer :
- des bornes d'appel tous les 300 m,
- des panneaux interdistants d'environ 800 m, ce qui permet d'avertir les usagers à proximité de l'obstacle et donc de prévenir dans une certaine mesure les accidents secondaires.

Exploitation du système

— **Entretien des équipements.** Ce système nécessite :
- le remplacement des batteries des bornes tous les trente jours environ (des chargeurs au PC du district permettant leur recharge) ;
- le remplacement des batteries des panneaux tous les huit jours environ ou après une campagne d'allumage.

— **Exploitation du poste de surveillance.** L'opérateur de télécommunication utilise le système après une formation très rapide grâce à :
- une représentation très synthétique sur l'écran,
- une assistance pour les opérations manuelles.

Inconvénients

- prix encore trop élevés ; on peut espérer que le développement du produit permettra de baisser les coûts.

5.5. Constat actuel en matière de sécurité

Malgré les dépassements fréquents de la vitesse limite imposée (80 km/h) et en dépit d'un accident exceptionnellement sérieux (morts et blessés graves) et spectaculaire (carambolages en chaîne) survenu un jour de pluie, le taux d'accidents de la circulation au droit du chantier depuis octobre 1983 est resté contenu au niveau moyen des taux d'accidents de l'autoroute A7.

Quant à la sécurité sur le chantier lui-même, nous n'avons pas eu à déplorer d'accident lié à la circulation voisine et les accidents de personnes sur chantier ont été également faibles malgré les contraintes imposées par l'étroitesse de la bande affectée aux travaux.

6.2. Un calendrier travaux au jour près

D'une façon générale, le déroulement des chantiers aura confirmé, par les résultats, la validité des choix techniques faits dès l'origine : la cinquième demi-section de 10 km est sur le point d'être mise en service et ces cinq chantiers, qui représentent au total plus de 50 km, auront tous été terminés au jour près, sans dépassement de crédits et dans des conditions de qualité satisfaisantes.

6.3. Beaucoup d'imagination pour résoudre des petits problèmes

Bien entendu, au fil des campagnes de travaux, le progrès et l'innovation ont eu largement leur part : on peut dire que le confinement du chantier, son caractère répétitif et industriel, les difficultés liées aux circulations, aux accès, aux approvisionnements, etc., ont excité l'imagination des acteurs de l'opération, du maître de l'ouvrage au maître d'œuvre, entreprises et fournisseurs.

On trouvera, placées en encadrés dans le présent article, les « fiches techniques » de certains procédés qui ont été, sinon inventés, du moins développés et mis au point à l'occasion de ces travaux. Ce n'est qu'un aperçu car nombreux sont les procédés de détail qui ont pu être imaginés ou améliorés; citons à titre d'exemples les plus importants :
- le mur de déblai en Texsol (voir encadré),
- le mur de remblai type Guintalu (voir encadré),
- les corniches-caniveaux en GRC du Pont-sur-l'Isère,
- l'attelage des travées du même pont (à poutres isostatiques) par l'intrados,
- les élargissements de passages inférieurs par barres de scellement à expandeurs,
- les éléments de murs allégés à contreforts, pigmentés dans la masse,
- les procédés de vérinage des tabliers de passages supérieurs et des surélévations de chevêtres,
- la refonte des murs de tête des passages inférieurs, etc.

6. Quelques aspects sur les travaux

6.1. Eviter les « bouchons » sur la bande réservée au chantier

On aura compris, d'après ce qui précède, toute la complexité d'un tel chantier, où une quinzaine de corps d'état se disputent le terrain ou se succèdent, sur une bande d'évolution de 6 à 8 m de largeur à laquelle il n'est possible d'accéder que par l'extérieur de l'autoroute, en des points distants de 1 à 2 km. Remarquons à ce sujet que la construction de la bande d'arrêt d'urgence (outre son caractère indispensable à l'exploitation de. l'autoroute) est pratiquement une nécessité technique pour l'exécution des travaux. En effet, compte tenu des dispositions prises pour le maintien de la circulation, la largeur du chantier, dans le cas où la troisième voie ne serait pas flanquée d'une BAU, ne serait que de 5 m environ, ce qui ne permettrait pas à un camion de contourner une pelle.

Murs de soutènement de remblais. On note la largeur réduite du chantier, une des contraintes majeures (Photo Yannick Collet)

Le Texsol

par Etienne LEFLAIVE du Laboratoire central des Ponts et Chaussées
et Jean-Marie COGNON de la Société d'Application du Texsol

1. Etude de la solution

La solution de base de l'appel d'offres consistait en des murs en béton en T renversé. La solution variante proposée par le groupement consistait en un parement d'épaisseur moyenne variant de 0,8 à 1,20 m d'épaisseur comme schématisé sur la figure 1.

L'angle de talus du Texsol retenu est de 60°, le niveau de fondation étant de 0,50 m par rapport à l'autoroute et l'épaisseur au sommet de 0,55 m.

Les calculs de stabilité sont conduits en déterminant un coefficient de sécurité au glissement par la méthode de Bishop avec le programme de calcul «TALUS».

Le coefficient de sécurité minimum à long terme a été pris égal à 1,5.

La détermination des caractéristiques mécaniques de Texsol a été obtenue par étude au Triaxial pour différents sables et fils. Les résultats de ces essais sont donnés fig. 2 et 4.

2. Matériel utilisé

Lors de la soumission il faut rappeler qu'aucune machine industrielle n'existait évidemment sur le marché ; il a donc été nécessaire de réaliser en moins de deux mois un engin spécialisé (figure 3).

L'engin, sur chenilles, se compose d'une trémie, d'une chaîne d'alimentation sable et d'un système de distribution des fils polymères, conditionnés en bobines de 15 kg, placé parallèlement à la chaîne d'alimentation.

A partir de la trémie située à l'arrière de la machine, le sable est amené par le tapis d'alimentation à l'endroit précis de son mélange avec les fils polymères de 167 décitex, en tête de l'ouvrage.

Ces fils continus sont éjectés grâce à un dispositif de distribution doté de buses d'injection les propulsant, sous pression d'eau (100 bars), à 20 m/seconde.

Le mélange intime et le dosage sont assurés par un asservissement adéquat de deux fonctions (0,1 à 0,2 % en poids).

Le contrôle de toutes ces manœuvres est exécuté par un opérateur, posté sur le talus, muni d'un système de télécommande.

3. Mise en œuvre

La réalisation du massif en Texsol se fait à partir de la base par couches de 5 à 15 cm d'épaisseur environ.

L'atelier de mise en œuvre du Texsol se déplace parallèlement au pied du talus avec une vitesse pouvant varier entre 5 m/minute et 10 m/minute.

Le mur est exécuté par tranches de longueur comprise entre 40 et 50 m raccordées entre elles en biseau.

La pente du talus à obtenir est matérialisée à l'aide de gabarits fixes implantés régulièrement le long du talus.

Le respect de cette géométrie s'obtient par un relèvement de la flèche, combiné avec une rotation de la tourelle et de l'ensemble mélangeur, ainsi qu'une amplitude plus ou moins grande de balayage du sable et des fils.

Le dosage sable-fil est réglable soit par le débit de l'alimentation de sable, soit par la pression du fluide tractant le fil.

L'approvisionnement en sable se fait à l'arrière du porteur par une chargeuse sur pneumatiques, les fils étant stockés sous forme de quarante bobines situées dans les cantres disposés de part et d'autre de la flèche.

Un compactage par couches du Texsol est réalisé à l'aide d'une plaque vibrante jusqu'à 1,50 m de hauteur par rapport au pied du talus.

Après une phase initiale de mise au point du matériel, le rendement a atteint 100 m³ par jour de Texsol en place.

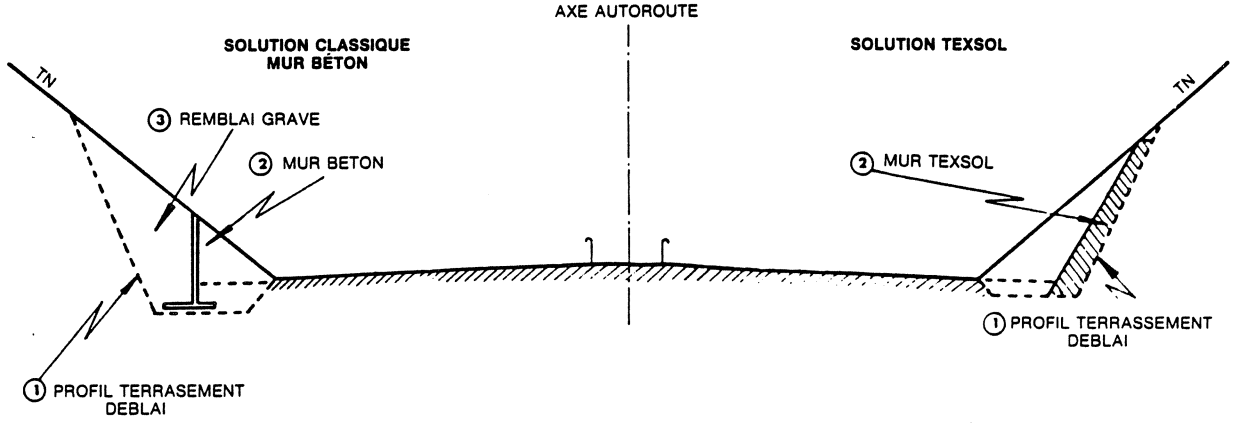


Figure 1. Elargissement autoroute en déblai, comparaison solution classique/Texsol

Figure 2. Courbes cohésion-dosage

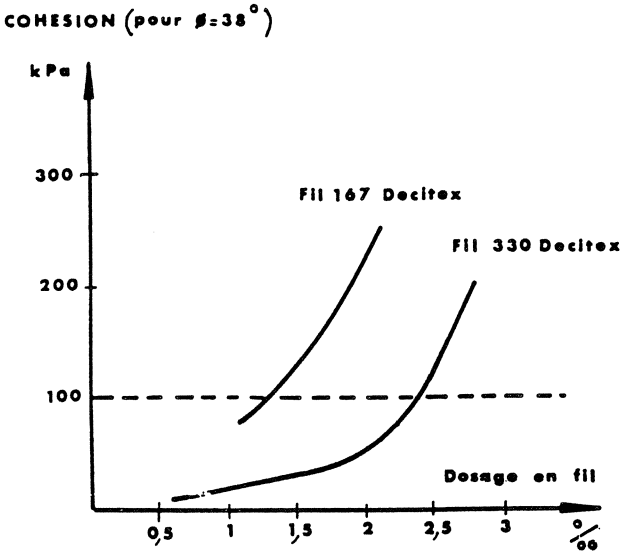
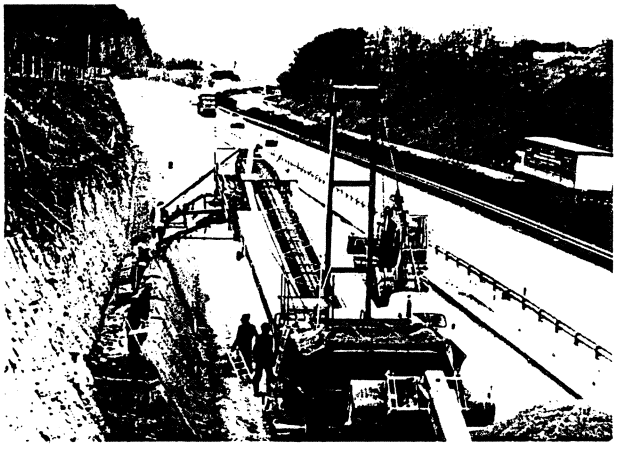


Figure 3.



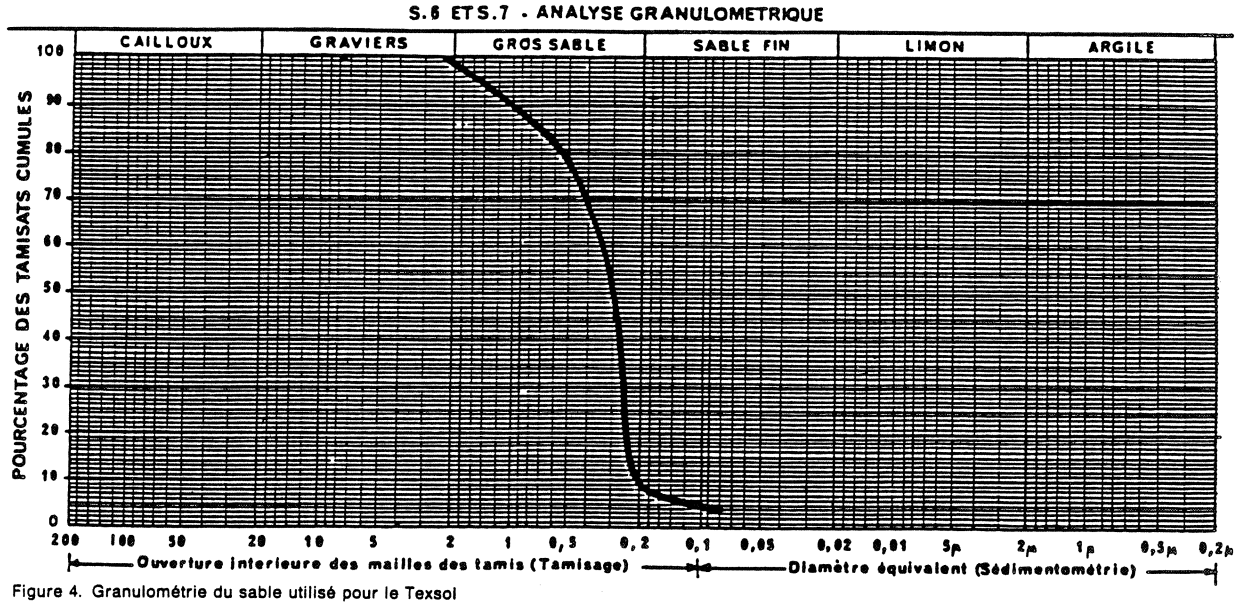


Figure 4. Granulométrie du sable utilisé pour le Texsol

4. Contrôles

Afin de s'assurer de la qualité du travail réalisé, les contrôles suivants ont été régulièrement effectués tout au long du chantier :

- granulométrie du sable d'apport ;
- caractéristiques mécaniques du fil utilisé (résistance à la rupture d'échantillons de fils prélevés sur des bobines ou sur le mur après éjection) ;
- dosages respectifs de sable et fils ;
- contrôles de densité de Texsol (90 % de l'optimum Proctor normal) ;
- contrôle topographique de la géométrie de l'aspect de surface (planéité).

Tous ces essais se sont révélés positifs.

Des repères du nivellement ont de plus été placés dans les murs de Texsol de façon à pouvoir suivre l'évolution à long terme.

5. Végétalisation du talus

Une fois le mur achevé, la végétalisation du mur en Texsol peut intervenir, avec le double objectif d'assurer une protection de l'état de surface du parement et surtout celui de permettre une meilleure intégration de l'ouvrage dans son environnement naturel.

Chaque section successive a donné lieu, jusqu'à présent, à des améliorations, et rien n'interdit de penser qu'il continuera à en être de même.

6.4. Ce qu'il en coûte

Un mot enfin du coût de l'opération ; dès l'origine des études, l'élargissement de A7 à deux fois trois voies avait été estimé à environ 70 % du coût d'une autoroute nouvelle à deux fois deux voies. Cet ordre de grandeur n'est pas sans intérêt car le gain de capacité obtenu sur l'autoroute, en passant de deux fois deux voies à deux fois trois voies est justement de 70 % environ, contrairement à ce que pourrait laisser croire une arithmétique sommaire...

Ce pronostic s'est révélé exact : le coût de l'élargissement, en francs actuels, est de l'ordre de 14 à 15 millions de francs par kilomètre (pour les deux chaussées, bien entendu). Rappelons que, dans ce coût, est comprise la rénovation complète de certains équipements et des chantiers.

En forme de conclusion

Un tel chantier d'élargissement par l'extérieur pourrait laisser à penser qu'il s'agit, par rapport à un chantier d'autoroute neuve, d'une entreprise de faible envergure, n'offrant au technicien que peu de problèmes à résoudre et d'imagination à démontrer.

En pratique, force est de constater que le rythme mensuel d'avancement des travaux en volume est comparable à celui d'un chantier d'autoroute neuve et, confiné dans le temps et dans l'espace, le chantier exige rigueur, précision, organisation et une bonne dose d'imagination et d'innovation pour résoudre les problèmes posés par l'impérieuse nécessité de respecter le planning dans chacun de ses enchaînements, malgré les aléas, ne serait-ce que celui des intempéries.

Mais laissons à ceux qui réalisent le soin de conclure.

Le point de vue du maître d'œuvre

Q. *Monsieur le maître d'œuvre, si vous aviez à tirer la philosophie de ces travaux en peu de mots, que diriez-vous ?*

R. Pas de façons, appelez-moi Maître tout court.

Vous savez, extraire la philosophie de ces travaux, alors que nous n'en sommes qu'au tiers de la course, est un peu présomptueux. Nous avons certainement encore beaucoup à apprendre...

Q. *Essayez toujours...*

R. J'allais le faire. D'abord notre rythme est réglé par des impulsions externes, aussi indifférentes que les marées ou les lunaisons : le calendrier, la circulation générale et sa répartition journalière, hebdomadaire et saisonnière, le comportement statistique des usagers, les intempéries ; tout cela ignore superbement les difficultés du chantier. Il n'y a pas de hasard, pas de répit, pas de pardon.

Q. *C'est ainsi sur tous les chantiers de travaux publics bien conduits...*

R. Pas tout à fait car, dans le cas présent, on ne peut pas abandonner un endroit devenu impraticable pour un autre, contrairement à un chantier de travaux neufs. Et il est très difficile de rattraper le temps perdu ; conséquence, **Il ne faut pas** d'endroit impraticable ni de temps perdu, c'est tout simple ! Vous noterez que ces considérations ont dicté nombre de nos choix techniques originels.

Q. *Quoi d'autre ?*

R. Le confinement du chantier : quand il commence, il fait 4 à 6 m de largeur, ce qui n'est pas beaucoup, croyez-moi, car il doit rester accessible en tout point et à tout moment. Ensuite, il s'élargit luxueusement jusqu'à 8 à 10 m... grâce à la future bande d'arrêt d'urgence...

Q. *Vous vous répétez...*

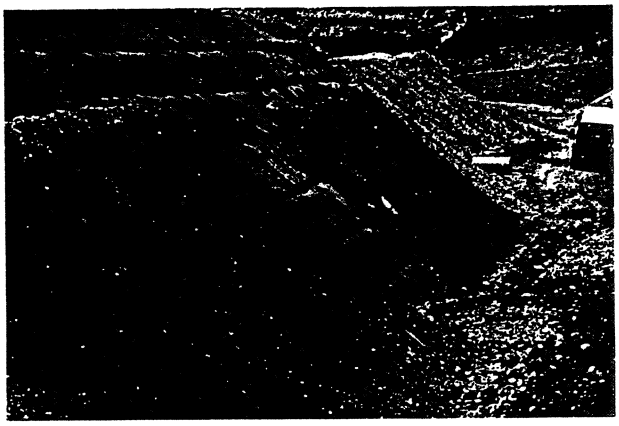
Le Guintalu

par J.J. CLEAUD, Société J. SOL
et Yvon DUMAZER, directeur général, Guintoli

Présentation

La solution Guintalu, proposée en juillet 1985 par Guintoli F.SA sur le lot Tain l'Hermitage - Saint-Rambert d'Albon, se substitue aux murs préfabriqués en béton armé prévus en solution de base et utilisés sur les deux lots précédents pour les soutènements de remblais. Il s'agit de redresser le talus à plus de 50° en stabilisant le massif par des nappes géotextiles de renforcement selon le principe des remblais armés et d'adjoindre en parement une grille semi-rigide assurant à la fois le maintien en plan du coin de remblai et celui de la terrre végétale. Afin de répondre aux contraintes liées à la présence des réseaux, le massif est prolongé par un mur de crête dont le remblai est exempt de nappe de renforcement, ce mur étant par endroit surélevé à 1 ou 2 m au-dessus du niveau de la chaussée et assurant alors la fonction d'écran phonique.

On peut dire qu'à ce jour, la solution Guintalu a atteint ses premiers objectifs : après une mise au point réalisée par un essai en vraie grandeur et toute une série d'études et de calculs réalisés par l'entreprise avant la remise des offres, elle a permis une économie substantielle du coût de l'ouvrage et est appliquée depuis plusieurs mois sur le chantier. Par ailleurs, on peut estimer que le Guintalu a d'ores et déjà dépassé le stade de « variante » pour devenir une solution d'avenir en matière de stabilisation des sols, ceci par ses qualités de fiabilité, d'esthétique et de compétitivité.



Aspect du Guintalu avant et après mise en place de la terre végétale

Principe de dimensionnement

Un dimensionnement précis par programme informatique est organisé sur la base d'un profil limite type. Il prend en compte la stratigraphie avec l'ensemble des paramètres mécaniques du sol et des remblais, la maille, la longueur des nappes et leurs caractéristiques mécaniques. Ce calcul automatique donne le facteur de sécurité à l'égard de la stabilité d'ensemble avec la trace de dix cheminements les plus critiques, le facteur de sécurité à l'égard de la sollicitation individuelle des nappes et le facteur de sécurité à l'égard de la résistance structurale des nappes.

Ce calcul proposé par l'entreprise et son cabinet conseil a été vérifié pour le compte du maître d'ouvrage à l'aide du programme CARTAGE du LCPC. Le choix des coefficients de sécurité au fluage des nappes a été fait en accord avec les différents intervenants.

La stabilité interne de chaque profil particulier est vérifiée manuellement.

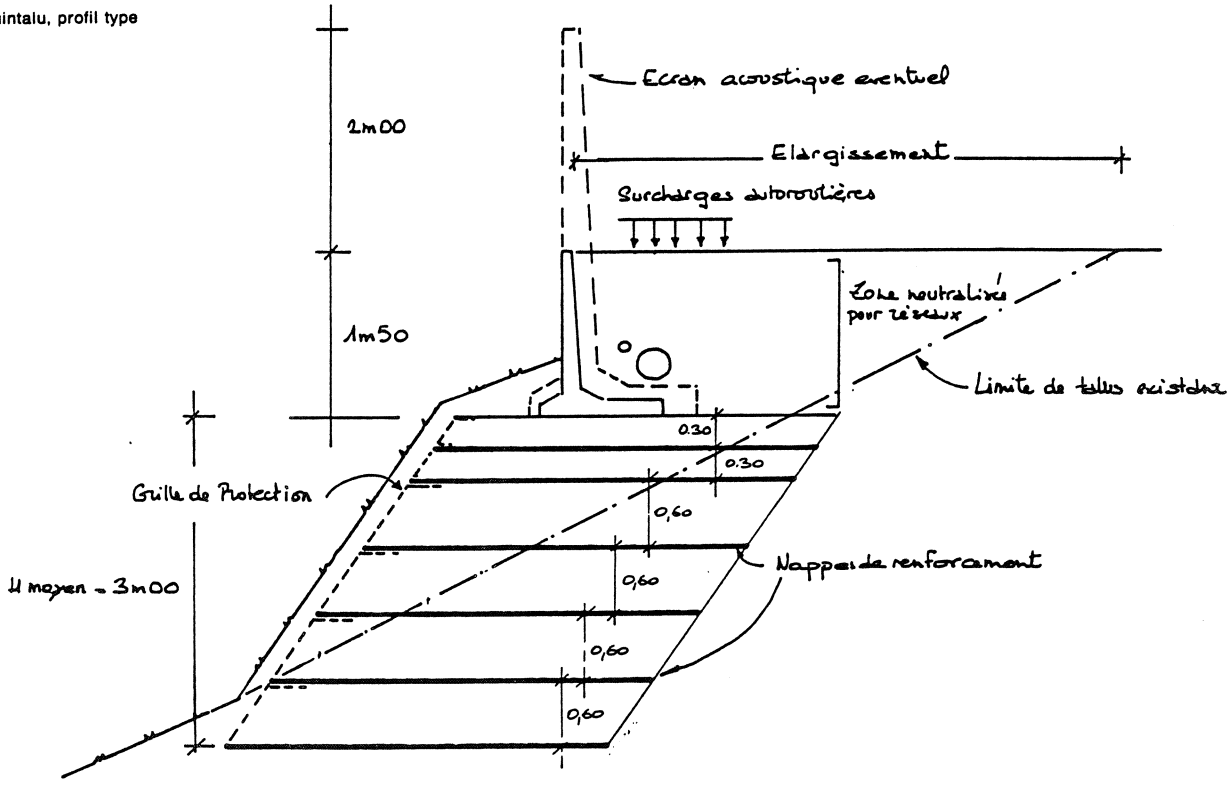
Mise en œuvre du procédé

Les remblais sont mis en place par épaisseur élémentaire entre nappes de renforcement disposées horizontalement. La nappe semi-rigide de parement assure le maintien en plan des talus élémentaires entre nappes de renforcement. Cela est dû au choix de sa rigidité et à sa mise en tension par un bras de levier prévu à cet effet. Le modelage du terrassement permet d'augmenter la tension de la nappe au moment de la mise en place de la couche complémentaire.

Ce procédé permet d'obtenir sans coffrage des talus végétalisés à plus de 50° d'inclinaison.

Les grillages semi-rigides n'offrant pas de résistance à la traction très élevée, il est nécessaire de leur associer une nappe de renforcement en tissé pouvant avoir des caractéristiques de tension très élevées dans des conditions économiques tout a fait acceptables.

Guintalu, profil type



Choix des nappes

Les nappes de renforcement sont des nappes de polypropylène ou de polyester tissées standard, de tension variable selon les impératifs de stabilité du massif (coefficients de sécurité, nature des sols en place et des remblais et géométrie du massif).

Dans ce cas les tensions limites des nappes sont de 55 et 72 KN/ml.

Les grilles de parement sont en copolymère d'éthylène et de propylène, inerte à la fois aux solutions aqueuses de sel et aux laitances des bétons. Leur maillage et leur rigidité sont adaptés à la granulométrie et à la nature des remblais. Leur réalisation a été confiée aux Etablissements Plymouth de Feyzin.

Pose de la nappe de parement

Conclusions et perspectives

La confiance des maîtres d'œuvre et d'ouvrage en une technique expérimentale et sa mise en application en solution variante d'un chantier important ont permis la mise au point du procédé Guintalu.

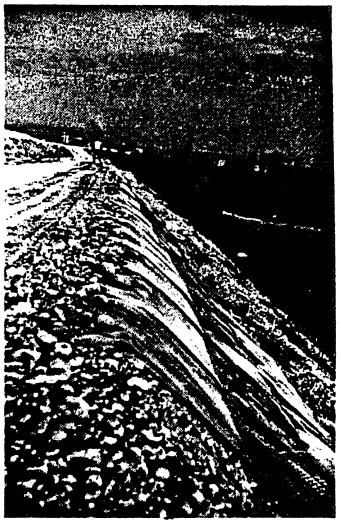
De nombreuses applications sont désormais possibles grâce à la simplicité du procédé, son coût, son adaptabilité à l'ensemble des configurations, sa rapidité d'exécution et son aspect fini. Un chantier vient d'ouvrir la voie à un procédé industriel dont la demande de brevet a été déposée par l'entreprise.

La durée de mise à disposition des zones à construire est considérablement réduite et une circulation de chantier en tête est maintenue sans aucune interruption tout au long des travaux.

Ces deux avantages répercutent des gains de temps et des liaisons simplifiées pour l'ensemble du chantier.

Guintalu, procédé innovant

Les solutions de renforcement de sol par géotextile, bien que généralement plus économiques que les solutions à parement rigide, ne résolvent pas toujours de façon satisfaisante les problèmes d'esthétique du parement (effet de boudin, absence de végétation). De plus, en tête de talus et dans les conditions du chantier, les manipulations d'appareillage en façade étaient impossibles. Le procédé résout ces problèmes majeurs et donne un fini de parement identique à un talus.



Construction d'un ouvrage Guintalu (à gauche la plate-forme autoroutière)

R. C'est parfois nécessaire. Et il n'est pas question de déborder en quoi que ce soit sur la partie réservée aux usagers : chacun chez soi ! Cette ségrégation est d'ailleurs robustement maintenue par les séparateurs en béton.

Q. *En parlant des usagers, ces travaux en ont des spectateurs ! Des dizaines de milliers par jour !*

R. En effet, c'est un trait caractéristique : plus de cinq millions de visiteurs par an, plus que la tour Eiffel ! Aussi ne manquons-nous pas de conseilleurs en tout genre.

Q. *Mais restons techniques : toutes ces entreprises au même endroit, est-ce qu'elles ne se gênent pas un peu ?*

R. Ce pourrait être le cas, d'autant plus que toute partie commencée doit être menée à son terme, des fondations jusqu'à la moquette, enfin je veux dire jusqu'au tapis (d'enrobés). C'est une véritable chaîne de montage. Aussi avons-nous choisi de faire appel à des groupements « tous corps d'état », comme on dit. Jusqu'à présent, ça va.

Q. *Mais dites-moi à vous entendre on à l'impression que vous n'avez pas beaucoup le temps de réfléchir. La mécanique tourne toute seule ?*

R. Il est préférable de réflechir auparavant, ce qui n'est d'ailleurs pas particulier à notre affaire ! Il est vrai aussi que les remises en cause en cours de travaux nous sont pratiquement interdites même si certains choix, à l'usage, ne se sont pas révélés les meilleurs. Mais nous avons beaucoup progressé au fil des sections successives, chacun des acteurs a apporté sa contribution et, quand nous aurons terminé l'autoroute, nous serons presque bons. Non, rassurez-vous, nous ne sommes pas guettés par la sclérose intellectuelle, stimulés que nous sommes par le maître de l'ouvrage, les usagers, les entreprises, les riverains et j'en passe...

Q. *Des regrets ?*

R. Aucun, enfin à quelques détails près.

Q. *Une satisfaction principale ?*

R. Oui, celle de livrer au client dans les délais une autoroute plus large et plus belle qu'elle n'était auparavant.

Q. *Alors, prêt à recommencer ?*

R. Demain matin !

Le point de vue de l'entrepreneur

Q. *Monsieur l'entrepreneur, si vous aviez, vous aussi, à tirer la philosophie de ces travaux, que diriez-vous ?*

R. La boutade sur la faible envergure et la simplicité du travail facilitera ma réponse.

Au point de vue chiffre d'affaires, un marché d'autoroute de l'ordre de 100 millions de FHT à réaliser sur deux ans est d'une taille tout à fait courante ; ce qui l'est moins c'est lorsqu'on considère qu'il s'agit, en fait, de deux fois six mois pleins avec interruption totale, ce qui conduit à des décomptes mensuels qui atteignent couramment les dix millions de francs.

Q. *Voulez-vous dire qu'obligé d'aller vite, ce chantier est particulièrement rentable ?*

R. Pas tout à fait, car s'il peut paraître effectivement simple de travailler à l'avancement et à l'abri de la circulation, c'est pourtant là que se manifestent le plus les difficultés de tous ordres, telles que :

- le travail dans un couloir bordé d'un côté par une barrière infranchissable et de l'autre par une succession de déblais et remblais, donc d'ouvrages en construction ;
- l'enchaînement des tâches sans droit à la moindre erreur, un peu comme une usine de montage de voitures qui travaillerait en plein air, (et en mauvaise saison) et de plus avancerait de 1 500 m par mois ;
- le respect des délais partiels et finaux, liés à des dates de mise en service fixées a priori par contrat.

Q. *C'est donc un chantier plus difficile qu'il n'y paraît, alors comment expliquez-vous votre entêtement à vous être retrouvé, trois ans de suite, le premier à l'appel d'offres ?*

R. Par la chance, d'abord, qui a sa part dans chaque appel à la concurrence. Par la connaissance que nous avons été bien forcés d'acquérir sur ce type d'ouvrage. Par notre opiniâtreté à vouloir innover sur le plan technique, comme le montrent certains exemples traités plus haut, les objectifs fixés, et tenus, de ce type d'investissement étant :

- la recherche d'économie,
- la simplification et la rapidité de mise en œuvre,
- la garantie de pérennité de l'ensemble de l'ouvrage,

- le respect de l'environnement et à notre sens une nette amélioration par rapport aux solutions classiques pour ce qui est du Texsol et du Guintalu.

Q. *En conclusion, vous déclarez-vous satisfait de vos trois campagnes passées et en cours et êtes-vous prêt à poursuivre ?*

R. Si vous me demandez d'exprimer une satisfaction sur des résultats financiers, ma circonspection naturelle me conduira à vous répondre qu'un seul décompte final est établi sur les trois opérations, ce qui laisse au moins la place à un peu de cet espoir dont les entrepreneurs ont aujourd'hui tant besoin pour vivre.

Q. *L'essentiel ne serait pas de gagner mais de participer ?*

R. Encore que... mais nous avons beaucoup appris, pas mal réfléchi et un peu innové, et ceci en collaboration particulièrement étroite et constructive avec des maîtres d'œuvre et d'ouvrage tout aussi passionnés que nous ; c'est là que se situe le véritable apport de ce type de réalisation et ne pas avoir envie de continuer ne serait pas digne d'un entrepreneur.

L'autoroute vue de l'extérieur, travaux terminés (murs de remblais) (photo Yannick Collet)

résumés summaries zusammenfassungen resúmenes

L'ÉLARGISSEMENT DE L'AUTOROUTE A/7 ENTRE VIENNE ET VALENCE (M. FAY, M. DENIAU, A. GRAVIER, Y. DUMAZER)

Vingt ans après la mise en service en continu de l'autoroute A7 entre Vienne et Valence, la circulation qui l'emprunte est multipliée par cinq. Le trafic moyen journalier annuel atteint 37 700 v/j avec un taux de poids lourds de près de 20 % ; aux mois de juillet et août, le trafic moyen journalier mensuel atteint 65 000 v/j.

Cette section de 76 km de l'autoroute A7, la plus ancienne, avait été conçue pour être envisageable par agrandissement par l'extérieur de la plate-forme. A l'époque de sa conception, le besoin de 2 × 3 voies avait été estimé suffisamment lointain pour écarter la solution d'une plate-forme permettant l'élargissement par simple réduction du terre-plein central.

Un temps en balance, la solution d'élargissement a prévalu sur celle de construire une autoroute de doublement : il fallait aller vite pour rétablir des conditions de circulation normales pour les usagers.

Ces travaux sont engagés depuis l'automne 1983 : l'objectif est d'assurer une continuité à 2 × 3 voies avant l'été 1989.

La difficulté primordiale est liée à la présence de la circulation générale et à l'impossibilité de l'interrompre ou de la perturber durablement. La seule période de travaux possible est la période d'hiver d'octobre à avril : époque généralement considérée comme non propice aux travaux publics. Il faut donc un chantier le plus standardisé et le plus mécanisé possible.

L'article décrit les principes d'organisation du chantier, les mesures mises en œuvre pour la sécurité des usagers et du personnel du chantier lui-même, le recours à des procédés innovants qui ont été, sinon inventés, du moins développés et mis au point à l'occasion de ces travaux.

Le coût de l'élargissement ressort à environ 70 % du coût de la construction d'une autoroute neuve, ce qui correspond justement au gain de capacité, étant précisé que la dépense inclut des travaux de rénovation de l'autoroute tels que : revêtement général des chaussées, renouvellement d'équipements de sécurité et de signalisation, mesures de protection de l'environnement.

La conduite de tels chantiers, confinés dans le temps et dans l'espace, exige rigueur, précision, organisation et une bonne dose d'imagination pour résoudre les problèmes inhabituels posés aux réalisateurs.

WIDENING OF FRENCH MOTORWAY A7 BETWEEN VIENNE AND VALENCE (M. FAY, M. DENIAU, A. GRAVIER, Y. DUMAZER)

Twenty years after the opening to traffic of motorway A7 between Vienne and Valence, the traffic handled by this facility has been multiplied by five. The average annual daily traffic reaches 37,700 v/d with commercial vehicles accounting for about 20 percent. In the months of July and August, the average monthly daily traffic reaches 65,000 v/d.

This 76-km section, the oldest on this motorway, was initially designed to be widened by extending the roadbed outward. At that time, the need for 2 × 3 lanes was considered to be sufficiently remote in the future, so a design with a roadbed allowing future widening by the simple reduction of a central reservation was ruled out.

After weighing the options, it was decided to widen the facility rather than build another « doubling » motorway : quick action was required in order to restore normal traffic conditions for users.

The works were begun in the autumn of 1983 : the goal was to be able to handle continuous traffic with 2 × 3 lanes by the summer of 1989.

The primary difficulty involves the presence of general traffic and the inability to interrupt or disturb it for a long period. The only period during which works are possible is in the winter from October to April : a period generally regarded as not suitable for public works. It was thus necessary to set up jobsite conditions at standardized and mechanized as possible.

The article describes the principles of jobsite organization, the measures taken for the safety of motorists and jobsite personnel, the use of innovative techniques which, if not invented directly, were at least developed on the occasion of these works.

The cost of widening the roadway amounts to about 70 percent of the cost of building a new motorway, corresponding precisely to the capacity gain, considering that the expenditures include such motorway renovation factors as : general pavement surfacing, renewal of safety and signing equipment, environmental protection measures.

The management of such projects which are restricted with respect to time and space calls for rigor, precision, organization and a fair amount of imagination in order to solve the unusual problems encountered.