



MINISTÈRE DE L'URBANISME DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS

## *Direction des Routes*



# GUIDE D'ESTHÉTIQUE pour ouvrages d'art courants

(GUEST 69)

Réimpression OCTOBRE 85



SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES  
DES ROUTES ET AUTOROUTES



**Page laissée blanche intentionnellement**

# **GUIDE D'ESTHÉTIQUE POUR OUVRAGES D'ART COURANTS GUEST 69**

Ce document type de synthèse, auquel toute la DOA B a participé, a été principalement établi

par  
**Ph. FRALEU**  
Architecte D.P.L.G.

avec la collaboration technique de  
**M. LAURAS**  
Ingénieur T.P.E.

et les directives de  
**J. C. LERAY**  
Ingénieur des P. et C.  
charge du 4<sup>ème</sup> Arrondissement de la DOA B

<b>JUIN 1969</b>  Réimpressions: 1974 1985	<b>DIVISION DES OUVRAGES D'ART B</b> 46, Avenue Aristide BRIAND, 46 B.P. 100                      92 _ BAGNEUX                      Tel: 655.42.42		<b>DIRECTEUR DU SERVICE</b>  <b>M. HUET</b>  Ingénieur général
	<b>G. MONNÉRET</b> Ingénieur en Chef	<b>H. MATHIEU</b> Ingénieur en Chef Chef de la Division	

**Page laissée blanche intentionnellement**

## A V E R T I S S E M E N T

En entreprenant un Guide d'ESThétique des ouvrages d'art courants, nous avons comme premier objectif de compléter notre bibliothèque de dossiers pilotes et autres documents types, qui sont essentiellement techniques, par un certain nombre de conseils destinés à en faciliter un usage qui tienne largement compte des considérations esthétiques.

Le nombre des combinaisons possibles d'ouvrages types, éléments types et dimensions standardisées étant astronomique, il n'était pas possible de traiter le problème dans toute sa généralité. Nous avons donc été amenés à l'aborder d'une façon empirique, en allant étudier, principalement sur le terrain, une gamme aussi large que possible d'ouvrages réels. C'est le résultat de cette vaste enquête, illustrée par de nombreuses photographies, que nous présentons aujourd'hui.

Une première conséquence de cette méthode de travail est que les éléments rassemblés ne se limitent pas aux seuls ponts types. Nous avons pensé qu'un certain nombre d'éléments recueillis concernant des ponts spéciaux étaient assez intéressants pour être dès à présent utilisés.

La seconde conséquence est que le sujet n'est pas entièrement traité. En particulier l'incidence de nombreux paramètres n'a pas été envisagée. Tout comme les illustrations, le texte ne traite que des points qui ont paru, dans les cas courants, les plus importants.

Nous n'avons pu non plus, sous peine d'enfler démesurément ce document, y faire un rappel systématique des règles techniques de choix et de dimensionnement qui figurent dans notre Bibliothèque. Il est donc dûment précisé que le présent Guide :

- ne doit pas être utilisé seul, à aucun stade des études ;
- ne doit en aucun cas être opposé au contenu d'un autre document type ;
- ne formule pas de « règles » à suivre passivement.

On ne doit y trouver que des conseils formulés pour la plupart au seul nom de l'esthétique ; en effet le temps nous a manqué pour faire, dès cette première édition, une synthèse complète des points de vue esthétique, technique et financier — ces derniers gardant bien entendu tout leur prix, et la standardisation restant plus que jamais nécessaire.

# TABLE DES MATIÈRES

## Introduction

Première partie : les études esthétiques	3
--	---

Deuxième partie : les structures courantes	23
--	----

A – Ponts cadres - Portiques - Voûtes	25
B – Ponts dalles simples	41
C – Ponts dalles à nervure	77
D – Ponts à caisson	81
E – Ponts à poutres	85
F – Ponts à béquilles	89
G – Murs de soutènement	95

Troisième partie : les équipements	101
------------------------------------	-----

A – Perrés	103
B – Garde-corps	106

Quatrième partie : les parements	111
----------------------------------	-----

Annexe	125
--------	-----

- Construction d'une perspective	127
- Conseils pour la réalisation d'une maquette	138
- Domaine d'emploi et prédimensionnement des tabliers	140

# INTRODUCTION

Si la standardisation des ouvrages courants conduit à des résultats qui sont avantageux des points de vue technique et économique, on est en droit de se demander ce qu'il en est sur le plan de la réussite architecturale.

Certes, les considérations esthétiques ont toujours été présentes à l'esprit de ceux qui ont œuvré à la standardisation des ponts courants. Pour s'en convaincre, il suffit de rappeler le soin qui a été apporté aux dessins de coffrage des éléments types ou encore d'apprécier l'aspect de réalisations telles que les passages supérieurs à héquilles.



Mais, c'est un fait, la standardisation dans son état actuel ne traite que sommairement des règles d'esthétique. Nous remédions à cet état de fait en poursuivant des recherches sur l'esthétique des ouvrages d'art et en espérant intégrer les contraintes esthétiques dans la systématique de la standardisation.

Les nombreuses observations que nous avons été amenés à faire sur certains ouvrages — et il ne s'agit pas seulement d'ouvrages anciens — nous ont donné l'occasion de relever un certain nombre de fautes esthétiques bien caractérisées et de constater parfois leur caractère répétitif. Étant donné l'importance du nombre des ouvrages qui sont sur le point d'être réalisés ou qui sont en cours d'études, il nous a paru nécessaire de signaler au plus vite ces erreurs et de tenter de les prévenir. Cette première édition du GUEST est destinée à parer au plus pressé.

Il n'est pas dans notre intention de donner des recettes d'esthétique ; il faut éviter tout académisme. D'une part ces recettes ne résoudraient que certains problèmes et risqueraient d'être employées sans discernement, chaque ouvrage d'art, par son environnement, son implantation, ses dimensions, constituant un cas d'espèce ; d'autre part la technique se transforme très vite et le goût lui aussi évolue rapidement et fait appel souvent à des jugements purement subjectifs. Nous nous sommes donc attachés à décrire ce que pourrait être, pour chaque ouvrage d'art, la démarche générale d'une étude esthétique.

Le cadre de ces recherches et les différentes phases qui le constituent feront l'objet de la première partie de ce recueil.

Les 2ème, 3ème et 4ème parties de ce recueil se présentent sous la forme de notes ; tout en signalant les fautes les plus couramment commises, elles énoncent quelques règles générales et des conseils particuliers d'ordre pratique. La 2ème partie est consacrée à l'étude esthétique des éléments constitutifs propres aux différents types d'ouvrages suivants :

- ponts cadres et portiques,
- ponts dalles simples,
- ponts dalles à nervure,
- ponts à caisson,
- ponts à poutres,
- ponts à béquilles,
- murs de soutènement.

La 3ème partie traite du choix des équipements et la 4ème partie de la réalisation des parements.



**première partie**  
**LES ÉTUDES ESTHÉTIQUES**

**Page laissée blanche intentionnellement**

Un pont n'est pas seulement un ouvrage à vocation purement utilitaire ; ne serait-ce que par son encombrement, il constitue un élément architectural d'un site ou d'un ensemble urbain. On ne doit pas perdre de vue l'importance que revêt, sur le plan esthétique, la création d'un ouvrage qui représente même, dans certains cas, le centre d'intérêt d'une région toute entière.

La finalité de ce document est la recherche du beau.

Sur la façon d'y parvenir, deux tendances s'opposent : l'une préconise l'esthétique objective qui s'appuie sur des lois immuables, l'autre est partisane de l'esthétique subjective où la sensibilité de l'artiste doit rester souveraine.

On peut admettre que cette opposition de tendances est un faux problème : il n'y a pas lieu de les opposer mais de les associer : « l'observateur n'admire (subjectivement) que ce qui a certaines proportions harmonieuses (objectivement) ».

Avant d'envisager un tel débat, il faut cependant s'entendre sur la signification de certaines notions utilisées en esthétique et il faut savoir que, dans le cas des ouvrages d'art, toutes les études esthétiques doivent être conduites selon un processus bien défini.

## I – NOMENCLATURE DES NOTIONS UTILISÉES EN ESTHÉTIQUE

### PROPORTIONS

Les proportions sont des lois de composition qui établissent des rapports entre les différentes parties d'un tout. Parmi les principaux systèmes, on peut distinguer :

- les proportions arithmétiques :  $1/3$ ,  $1/9$  . . .
- les proportions harmoniques :  $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$  ; le nombre d'or  $\varphi = 1,618$  . . .
- les proportions géométriques :
  - le triangle équilatéral,
  - le triangle divin ou égyptien dont les côtés et l'hypothénuse sont dans la même progression 3, 4, 5.
  - le triangle rectangle dont les côtés sont dans le rapport  $\frac{4}{5}$ ,
  - le triangle isocèle,
  - le rectangle d'or obtenu en rabattant la diagonale du carré . . .

## LES CONTRASTES

La loi des contrastes permet de mettre en valeur les éléments les uns par rapport aux autres. On peut rechercher :

- un contraste de volumes,
- un contraste de largeur et de hauteur,
- un contraste de surfaces (opposition de plans et de courbes, de courbes et de contre-courbes, de pans ouverts et fermés, de saillies et de retraits...),
- un contraste de matière ou de couleur dans les matériaux,
- un contraste d'ombres et de lumières.

## L'ÉCHELLE

Les proportions et les contrastes gouvernent les rapports relatifs des différentes parties d'un édifice mais, quelle que soit leur harmonie, les dimensions réelles ne doivent pas rester indifférentes : d'où la notion d'échelle.

L'échelle d'un édifice se juge à différents points de vue, par son environnement ou par certains éléments de la construction – tel le garde-corps – qui rendent sensibles les dimensions réelles.

## LA VÉRITÉ

L'expression rigoureuse du mécanisme de la structure est une des qualités maîtresses de l'architecture. Dans un pont en béton armé ou précontraint, les parties composantes – éléments porteurs et éléments portés – doivent être nettement exprimées, la nature de leur liaison doit le plus souvent être affirmée.

Des différentes techniques, que ce soit celle de la pierre, de l'acier, du béton armé ou précontraint, se dégage un style vraiment spécifique parce que lié aux caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux constitutifs. Ainsi le béton, matériau coffré, sera traité en lignes, en surfaces et en volumes géométriquement simples.

## L'ORNEMENT

L'ornement doit se soumettre à la structure de l'édifice ; il intervient pour agré-  
menter et parfois souligner l'architecture, il ne doit constituer en aucun cas un masque.

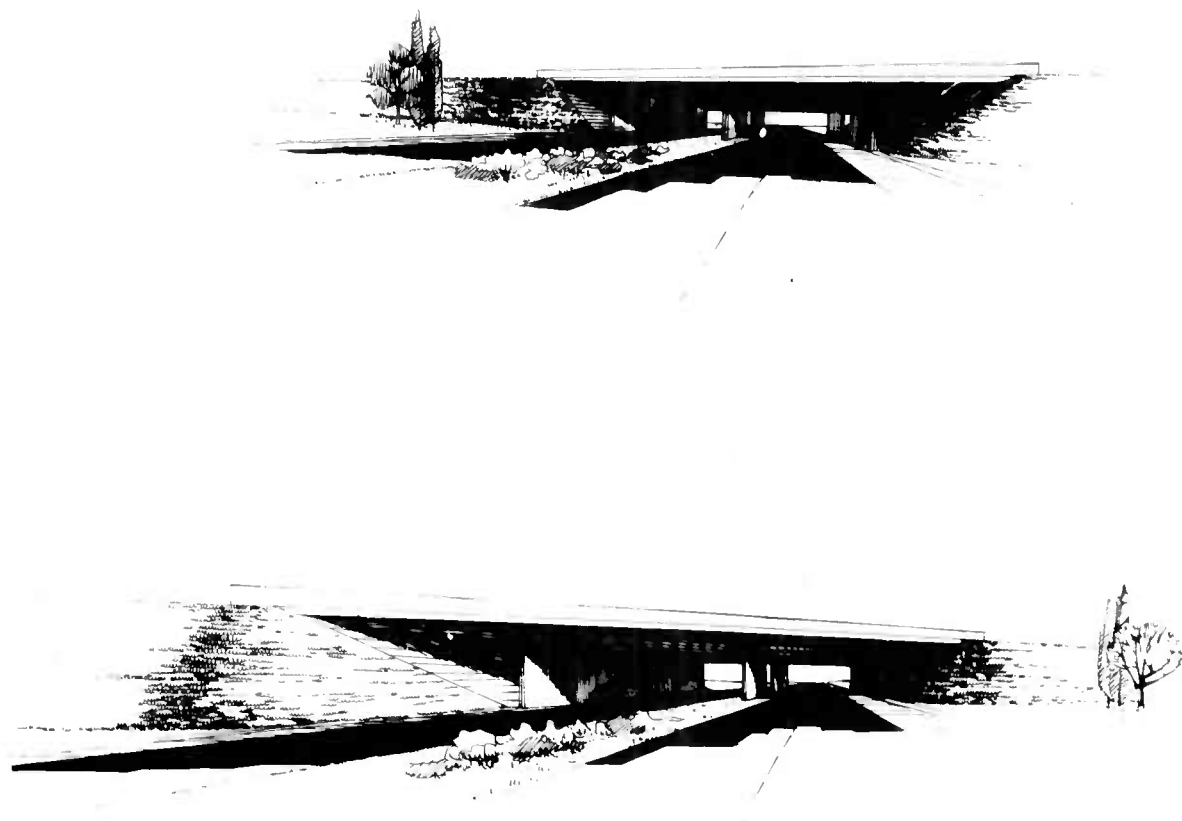
Dans le cas des ouvrages d'art, on fera appel à l'ornementation pour animer certaines grandes surfaces comme les culées, les murs de tête ou de soutènement ; certains éléments architecturaux comme les corniches, les parapets, pourront même être traités en ornement dans leur totalité.

L'ornement peut résulter de la disposition et de la diversité des matériaux, de l'emploi d'éléments sculptés ou polychromes ; il pourra mettre en valeur certaines parties de l'édifice par des effets de contraste.

## LES EFFETS PERSPECTIFS

Dans la réalité nous ne voyons pas, sauf à grande distance, les édifices en géométral tels qu'ils peuvent apparaître en dessin d'élévation, mais en tableaux perspectifs dont il est possible d'exploiter les effets : une pile sera rarement vue par la tranche et il faudra tenir compte des proportions de ses trois dimensions.

Les enseignements d'une vue perspective simple seront particulièrement riches dans le cas d'un ouvrage au biais accusé ; à titre d'exemple, considérons deux ouvrages biais à 50 grades, l'un fuyant devant l'automobiliste, l'autre venant à sa rencontre. En élévation ils sont identiques ; en perspective le second prend beaucoup plus d'importance que le premier.



L'étude esthétique poussée d'un ouvrage d'art devrait donc comporter des vues perspectives — éventuellement une maquette — de l'ouvrage et de son environnement ; nous donnons en annexe de ce recueil une méthode simple et précise pour la construction des perspectives et quelques indications pour la réalisation des maquettes.

## II – LES ÉTUDES ESTHÉTIQUES

Quelle que soit l'importance de la part laissée au subjectif ou à l'objectif dans l'appréciation et l'invention des formes, l'étude esthétique d'un ouvrage d'art paraît devoir être conduite selon une procédure bien arrêtée. L'étude de quelques cas particuliers nous a mis d'emblée devant cette évidence ; l'analyse de plusieurs réalisations nous l'a confirmée. En particulier, les fautes les plus apparentes que nous avons relevées sanctionnent plus souvent une erreur manifeste de démarche dans la recherche esthétique qu'une absence de goût.

Dans ces conditions, il nous a paru essentiel de décrire dans cette première partie les différentes phases qui doivent marquer, dans toute étude d'ouvrage d'art, la progression d'une recherche esthétique.

On ne saurait entreprendre la recherche esthétique proprement dite, sans avoir pris soin au préalable de préciser les éléments qui entrent en jeu dans la composition d'un ouvrage d'art et sans avoir défini les conditions d'observation qui orienteront et qui délimiteront les recherches.

### LES ÉLÉMENTS DE LA COMPOSITION

On distinguera deux sortes d'éléments : ceux qui sont imposés et ceux qui sont laissés à l'initiative du maître d'œuvre.

Parmi les premiers, on citera l'environnement qui jouera un rôle déterminant dans la recherche d'une intention esthétique, les voies qui font l'objet des franchissements et qui sont caractérisées par leur implantation, leur largeur, leur profil et leurs cotes respectives. A ce propos, on ne saurait trop insister sur les améliorations aussi bien esthétiques que techniques que l'on peut attendre, dans certains cas, d'une collaboration dès l'avant-projet entre le responsable du tracé et le projeteur d'ouvrage ; il serait ainsi possible d'éviter des tracés qui ne permettraient jamais la réalisation d'ouvrages satisfaisants.

Parmi les seconds, on retiendra les éléments paysagers – modelé du terrain et plantations – qui assurent une transition avec l'environnement, les éléments constitutifs de la structure – les appuis intermédiaires, les appuis d'extrémité, le tablier – les équipements et, dans certains cas, les murs de soutènement.

### LES CONDITIONS D'OBSERVATION

Les ouvrages seront étudiés à partir de points de vue qui peuvent être considérés comme très probables.

En règle générale, l'usager de la voie portée par un ouvrage d'art sera peu concerné par son esthétique.

Hors agglomération, le point de vue à considérer sera celui des automobilistes circulant au niveau inférieur ; les conditions d'observation de ces usagers sont particulières : l'angle de vue est fixe, les distances pratiques d'observation pour un automobiliste ne descendent pas en deçà de cinquante mètres. Les usagers sont sensibles à l'harmonie entre le site et la structure ; ils jugent l'aspect essentiellement d'après la silhouette.

Ce n'est donc que dans le cas d'ouvrages urbains qu'il y a lieu d'envisager des points de vue variés ; les perspectives sous différents angles prennent alors une importance particulière.

## LES PHASES D'UNE ÉTUDE ESTHÉTIQUE

Nous en distinguerons cinq :

- 1 – la définition d'une intention esthétique en fonction de l'environnement ;
- 2 – le choix d'un parti ou, en d'autres termes, d'une structure qui réponde aux contraintes esthétiques, techniques et économiques.
- 3 – la recherche, sur les éléments constitutifs de la structure, de formes qui en reflètent le mécanisme et l'harmonisation de ces formes entre elles ;
- 4 – la mise en proportion de chaque élément et des éléments entre eux ;
- 5 – les études de détail des différents éléments.

S'agissant des structures les plus courantes, les trois dernières phases peuvent être simplifiées par la standardisation des études. Elles ne doivent cependant pas être oubliées.

Pour illustrer cette démarche, nous développerons ces idées en prenant comme exemple, non pas l'application d'une solution standardisée pré-existante, mais l'établissement d'une nouvelle solution type. Celle-ci est envisagée dans un cas simple : le franchissement d'une autoroute de plate-forme I par une route d'une dizaine de mètres de largeur utile et sous un angle de biais peu accusé ; l'autoroute est au niveau du terrain naturel ; la voie supérieure, de profil en long horizontal, dégage le gabarit normal. Le site est rural, le relief est légèrement mamelonné et les perspectives sont dégagées ; bref, le site est caractéristique des régions du Nord de la France.



### 1 – Définition d'une intention esthétique

La première phase consiste à définir une forme générale de l'ouvrage qui soit en harmonie avec l'environnement : c'est ce que nous appelons l'intention esthétique.

Dans ce site naturel ouvert et sans accident de relief, on étudiera un ouvrage aux formes simples ; il sera souhaitable de ménager de larges ouvertures pour dégager les perspectives.

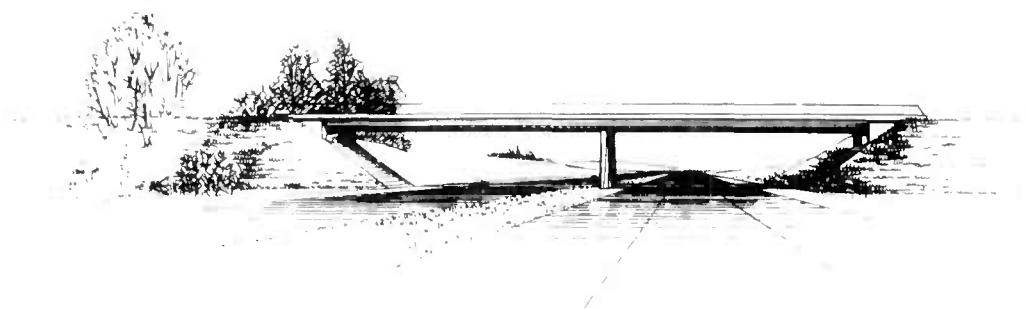
## 2 – Choix du parti

La seconde phase consiste à inventorier les différents types de structures techniquement envisageables et à choisir parmi leurs silhouettes celle qui répond le mieux à l'intention esthétique. Ces silhouettes serviront de support à des discussions où les appréciations d'ordre esthétique seront mises en parallèle avec les considérations techniques et financières. Elles seront représentées schématiquement sous forme d'élévations, ou de perspectives lorsque le franchissement est biais. Pour faciliter la représentation de ces silhouettes, nous rappelons en annexe le domaine d'application et le prédimensionnement des structures rencontrées sur les ouvrages courants.

Le franchissement que nous nous sommes donné comme application permet une grande variété de structures; nous envisagerons successivement des ouvrages à 4, 3, 2 et 1 travées (cf. Planche I).

De la comparaison des différentes appréciations à la fois d'ordre technique, esthétique et économique, on peut conclure que le tablier à 2 travées est viable au point de vue technique, qu'il semble répondre au mieux aux exigences esthétiques définies dans la première partie de notre démarche et qu'il nécessite un certain sacrifice financier. Supposons, pour la suite de notre démonstration, qu'il soit retenu.

L'ouvrage étant sensiblement droit par rapport à l'axe de l'autoroute, nous sommes encore dans le domaine d'emploi de la dalle élévie de hauteur constante. Nous n'avons pas à craindre, du fait du biais, d'arêtes aux angles saillants ; pour cette raison, la dalle reposera en ses extrémités sur des piles culées partiellement vues et comportant de petits murs en retour.



Dans la silhouette du tablier, un rôle prédominant sera accordé aux lignes horizontales, en disposant l'appui intermédiaire et le mur de front de la culée en retrait des bords libres de la dalle et en prolongeant la corniche sur les murs en retour de cette culée.



## Pl . I . 1

### EXEMPLE DE DISCUSSION

La discussion qui suit a pour objet d'illustrer la méthode exprimée page 10 : les indications qui y figurent sont forcément incomplètes ; on ne manquera pas de se référer au catalogue (chapitre 8 du CAT.75) pour les éléments techniques et économiques.

#### 4 TRAVÉES

Cette solution, sous forme d'un tablier à dalle continue PSI-DP ou PSI-DA, est actuellement, et de loin, la plus employée.

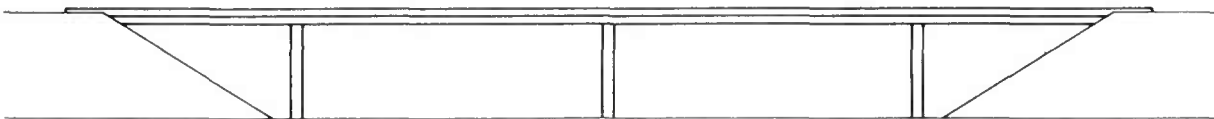
**Technique** – L'étude et la mise en œuvre ne posent pas de problèmes particuliers.

Du fait de la minceur de son tablier, son emploi s'impose lorsque les conditions de gabarit sont déterminantes.

Dans le cas de certaines plates-formes cette structure ne permettra pas d'élargissement ultérieur de l'autoroute.

**Esthétique** – C'est une structure de la première génération ; par rapport aux structures de la deuxième génération, ses ouvertures paraissent un peu faibles, l'ouvrage ne dégage ni la plate-forme, ni les abords.

**Économique** – Il a, au cours de ces dernières années, été considéré comme le plus économique.



Dalle de hauteur constante

## Pl. I.2

### 3 TRAVÉES

Cette structure est à envisager lorsqu'un appui central n'est pas souhaitable.

#### *TABLIER EN DALLE*

**Technique** — L'étude est en grande partie automatisée ; la mise en œuvre reste assez délicate.

Pour des raisons mécaniques (risques de soulèvement des abouts), la longueur des travées de rive est limitée inférieurement.

La dalle doit être de hauteur variable ; un certain choix est possible sur la forme de l'intrados.

**Esthétique** — La silhouette est élancée ; elle dégage toute la plate-forme et convient bien dans une section en alignement.

Pour les raisons techniques déjà formulées, les appuis d'extrémité ne sont pas apparents.

**Economique** — Solution moins économique que les structures à 4 et 2 travées ; éventuellement le tablier est plus long.

#### *TABLIER EN OSSATURE MIXTE*

**Technique** — Cette structure peut se construire sans échafaudage.

L'étude est en très grande partie automatisée.

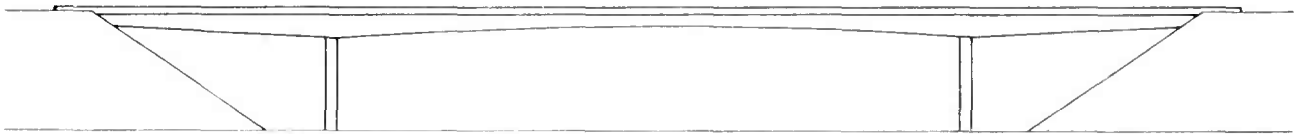
Pour des raisons mécaniques, la longueur des travées de rive est limitée inférieurement.

Hormis le cas de mise en place par lancement, un certain choix est possible sur la forme de l'intrados.

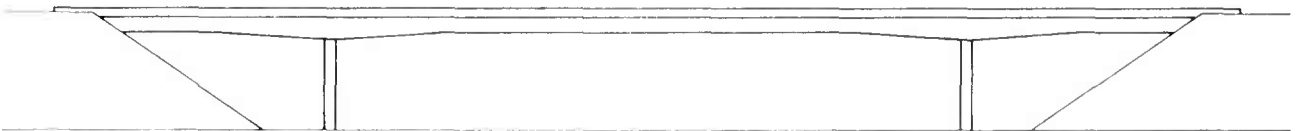
**Esthétique** — Cette structure présente les mêmes avantages que les ouvrages en dalle. Elle permet de plus des jeux de couleur et des effets de contraste entre la corniche et le tablier métallique ; elle demande un entretien vigilant si l'on veut lui conserver un aspect net.

**Economique** — Cette structure ne s'accommodera normalement que de lots assez importants.

3 TRAVÉES



Dalle de hauteur variable



Dalle avec goussets sur l'appui



Ossature mi, e

## Pl . I.3

### 2 T R A V É E S

**Technique** — Cette structure permet de réduire au minimum le nombre des appuis intermédiaires ; elle rend possible un élargissement ultérieur de la plate forme. Elle peut présenter un intérêt particulier dans un échangeur.

L'étude du tablier en dalle précontrainte est en grande partie automatisée ; la mise en œuvre reste assez délicate.

L'ouvrage peut être conçu avec articulation ou encastrement en tête de pile (seule la première solution permet actuellement l'usage d'éléments types).

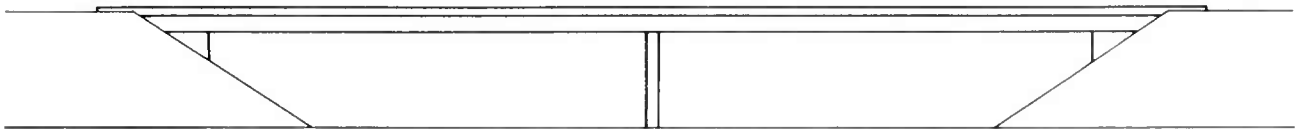
La dalle pourra être de hauteur constante ou variable ; dans ce dernier cas un certain choix est possible sur la forme de l'intrados.

**Esthétique** — La silhouette est élancée ; elle ménage de larges ouvertures et assure une excellente visibilité, ce qui est particulièrement intéressant lorsque le tracé de l'auto-route est incurvé.

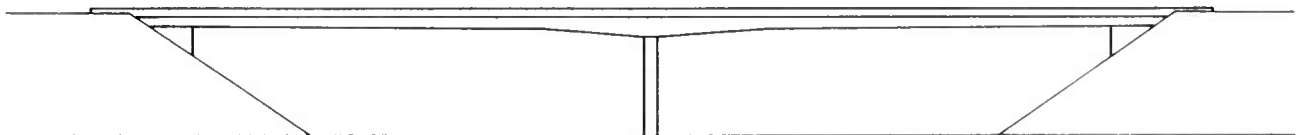
Les piles culées apparentes en partie haute donnent une impression de bonne assise.

**Économique** — Cette solution peut être économique.

2 TRAVÉES



Dalle de hauteur constante



Dalle avec goussets sur l'appui



Dalle à variation linéaire d'épaisseur

## Pl . I.4

### 1 T R A V É E

#### *CAISSON A BÉQUILLES*

**Technique** – Cette structure n'est actuellement à employer que sur des terrains particulièrement bons, le plus souvent rocheux.

Elle est standardisée, cependant l'étude et la mise en œuvre en restent laborieuses.

**Esthétique** – La silhouette est particulièrement élancée, elle donne l'impression d'être solidement assise (effet d'arc). Elle permet le meilleur dégagement de la plate-forme. Elle sera d'autant plus appréciée de l'utilisateur qu'elle sera bien en vue, près d'un point singulier du tracé (point haut, courbe prononcée) et relativement isolée.

**Économique** – Le coût est un peu plus élevé que celui des ouvrages en dalle ou en ossature mixte.

#### *PORTIQUE D'INERTIE VARIABLE*

**Technique** – Cette structure n'est pas standardisée, mais ne pose pas de problèmes d'études majeurs. Un certain choix est possible sur la forme de l'intrados et des piédroits

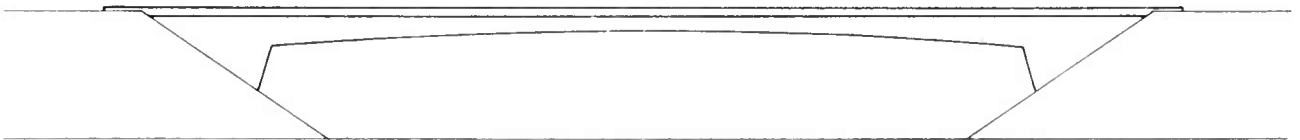
**Esthétique** – La silhouette est particulièrement élégante ; cette structure offre un bon dégagement de la plate-forme autoroutière ; elle resterait acceptable en présence d'un profil en long de la voie supérieure en forte déclivité.

**Économique** – Le coût global est certainement élevé.

1 TRAVÉE



Caisson à béquilles



Portique d'inertie variable

### 3 – Recherche, sur les éléments constitutifs de la structure, de formes qui en reflètent le mécanisme et harmonisation de ces formes entre elles.

Les formes des différents éléments d'une composition architecturale s'apprécient d'autant mieux qu'elles en affirment la fonction ( cf. planche II).

Dans le cas présent d'une fonction porteuse, on recherchera à mettre en évidence le mécanisme de la structure. Ainsi on pourra choisir de rendre apparente la nature de la liaison entre le tablier et l'appui en donnant à ce dernier une forme de pyramide tronquée (a). Le fruit positif des faces de l'appui et son retrait par rapport aux bords du tablier (b) exprimeront la présence d'une articulation en tête de pile et d'un encastrement au niveau des semelles de fondations. Remarquons que ces dispositions sont exactement inverses de celles qu'aurait appelées une solution à béquilles.

On s'appliquera par la suite à harmoniser les formes de ces différents éléments ; il y aura corrélation par exemple entre la forme de la pile et le profil transversal de la dalle, entre le profil transversal de la dalle et celui de la corniche. L'étude des éléments constitutifs des structures types nous donnera l'occasion de développer plus largement cette idée.

### 4 – Mise en proportion de chaque élément et des éléments entre eux.

On étudiera les proportions des éléments entre eux - le volume, par exemple, de l'élément porteur par rapport à l'élément porté - et à l'intérieur de ce volume on étudiera les proportions de chaque élément dans ses trois dimensions ; on tiendra compte dans ces études des effets perspectifs.

Lorsque l'élément porteur est lui-même composé de plusieurs piles, cette recherche consistera à étudier individuellement les proportions de chaque pile et l'harmonie générale de l'ensemble des piles par le jeu des pleins et des vides.

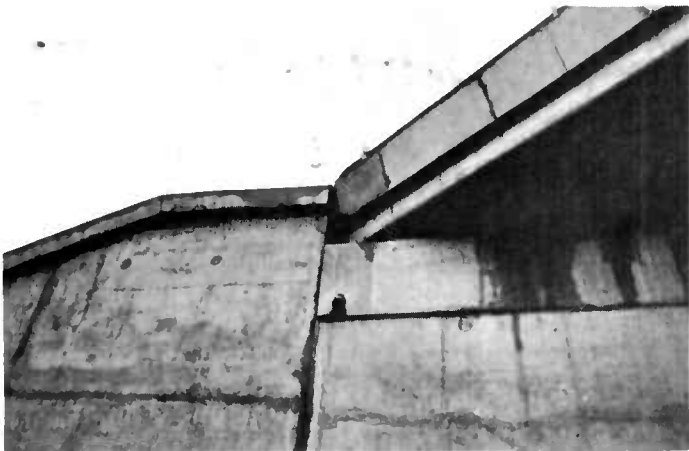
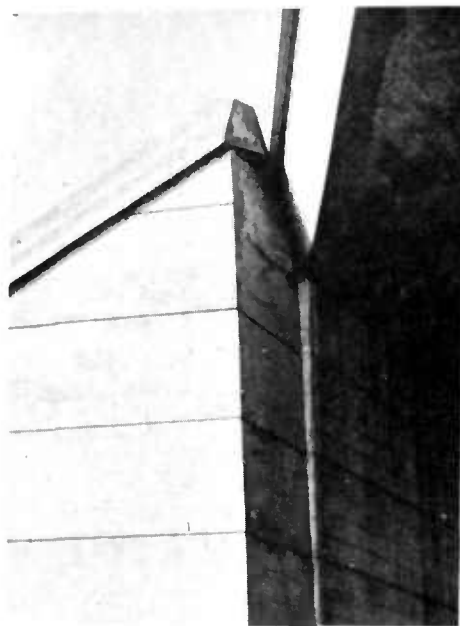
Dans l'exemple choisi, on veillera à ce que l'épaisseur de la pile ne donne pas une impression de maigreur par rapport à l'épaisseur de la dalle (c). Ce risque sera évité en se référant dans le cas présent à des critères esthétiques et non pas mécaniques. On étudiera également l'incidence de l'implantation de la culée sur les proportions de la surface vue des murs en retour, sous réserve des possibilités techniques : nous rappelons en effet que, pour le moment, des limites strictes sont assignées par le dossier pilote PSI-DE 67<sup>\*</sup> à l'implantation et à la portée des murs en retour placés en encorbellement sur une pile culée.

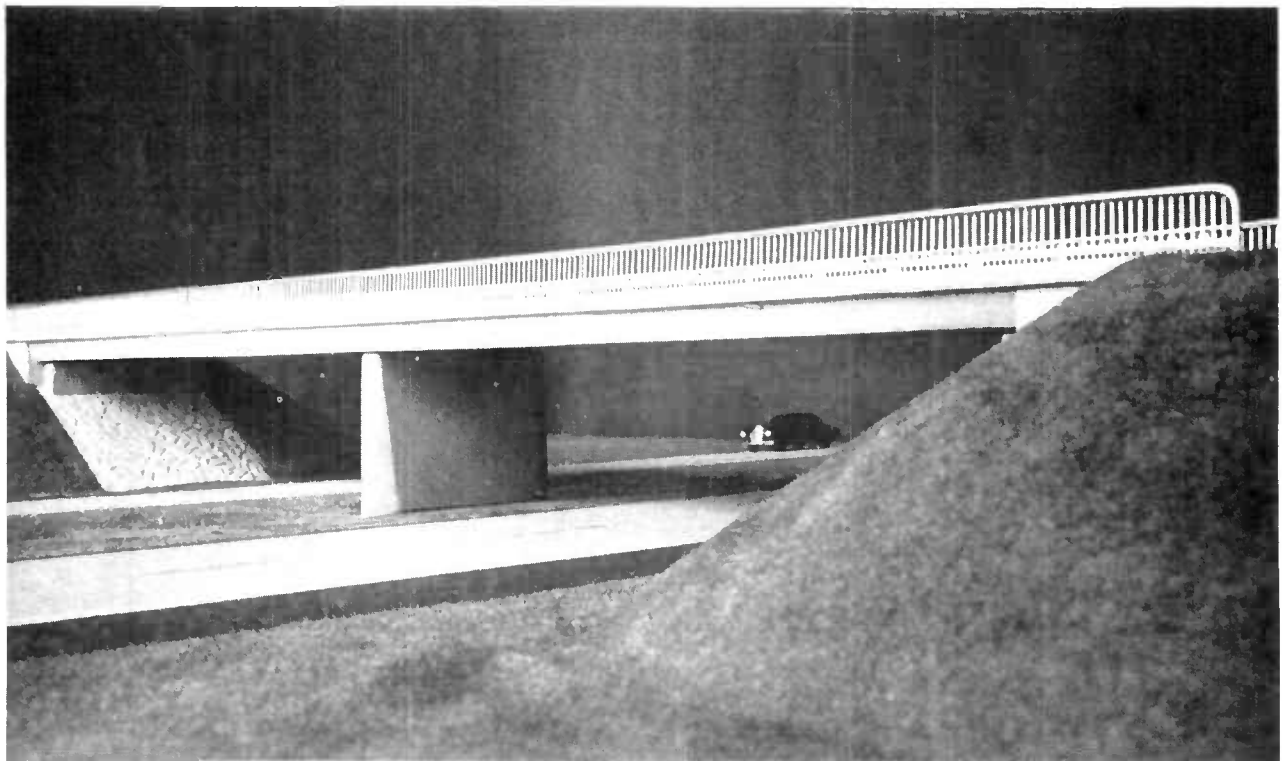
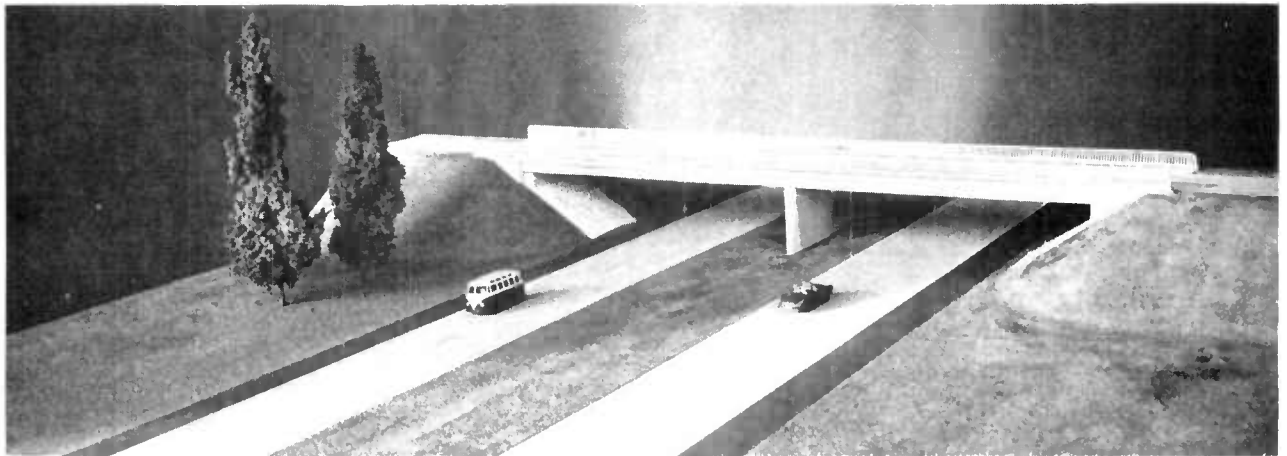
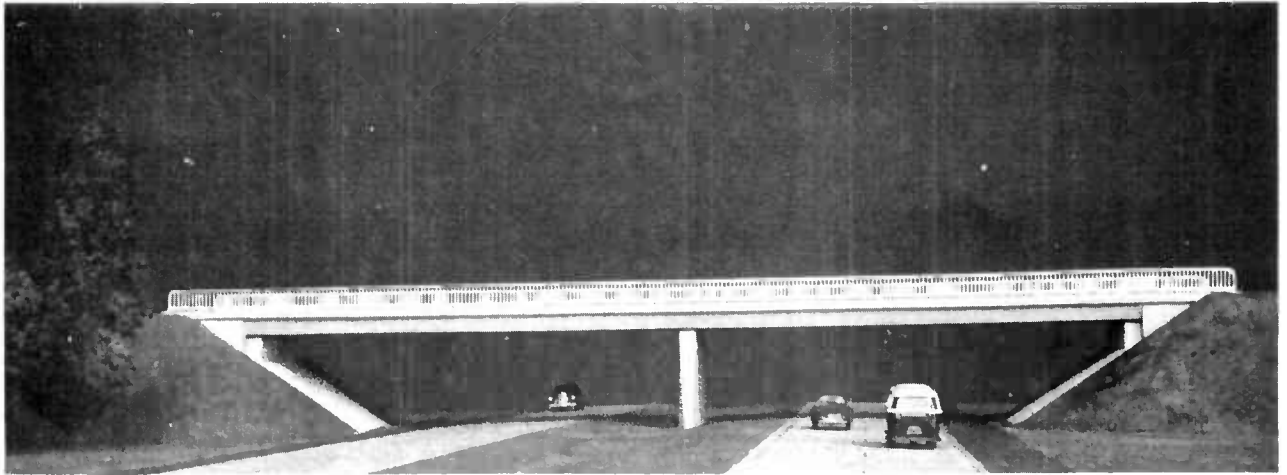
\* épuisé non réédité.

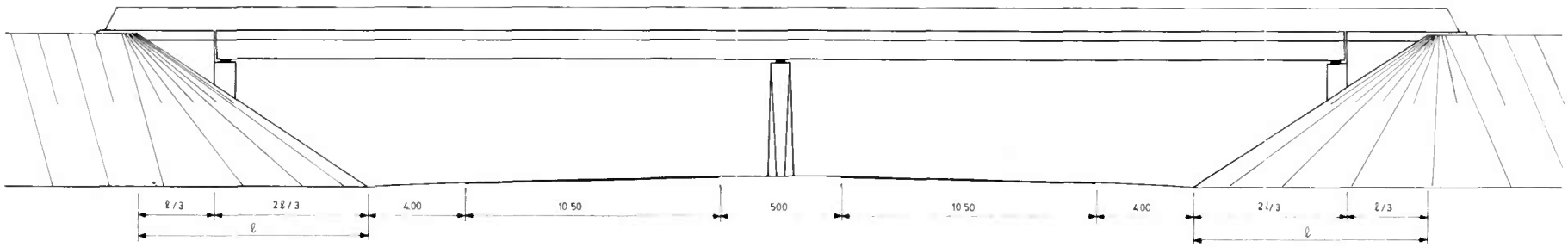


## 5 – Les études de détail des différents éléments

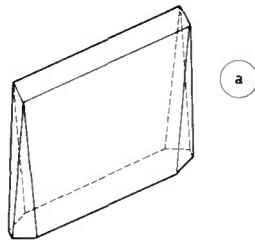
Il serait facile de développer ce paragraphe ; notre seule intention, dans cette première partie, est de dire combien un détail mal étudié peut nuire à l'esthétique générale d'un ouvrage. Ces quelques photos montrent quelles solutions ont été apportées sur le chantier à des problèmes de détail qui n'avaient pas été traités au cours des études.



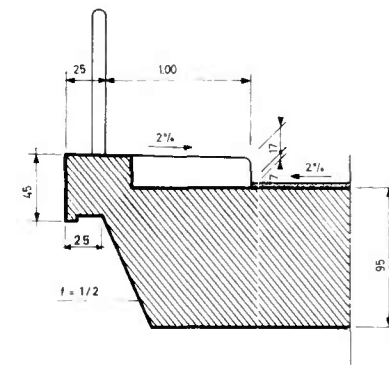




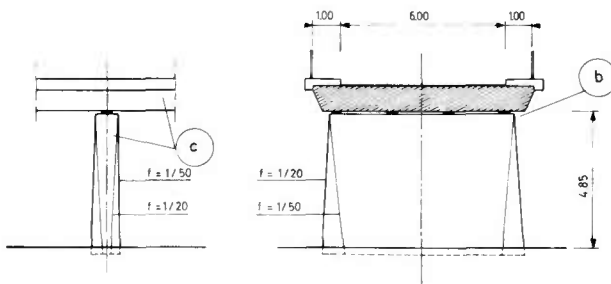
ÉLEVATION



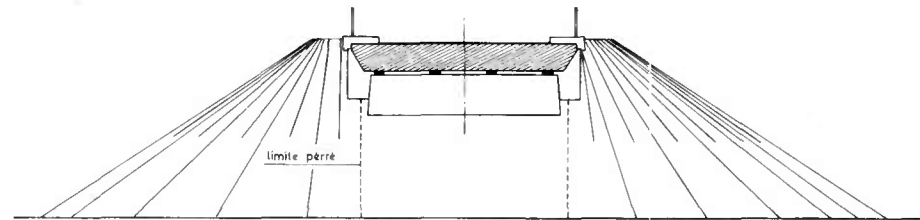
VUE PERSPECTIVE DE LA PILE



PROFIL CORNICHE ET DALLE



DÉTAIL DE LA PILE



COUPE TRANSVERSALE



### III – COORDINATION DES ÉTUDES TECHNIQUES ET DES RECHERCHES ESTHÉTIQUES DANS LES OUVRAGES D'ART

La réalisation des ponts est incontestablement la part de l'Ingénieur ; de ses connaissances techniques, de sa hardiesse dépendent la sécurité, l'audace et l'élancement de la construction.

Si l'ingénieur porte en tant que maître d'œuvre la responsabilité de l'ouvrage, doit-il en être pour cela le seul auteur ?

Lorsqu'il s'agit d'ouvrages courants qui appellent une solution simple, on imagine mal comment il pourrait ne pas en être ainsi. Quelle sera alors pour l'ingénieur la meilleure façon de rechercher le beau : la méthode subjective ou objective ? C'est une affaire de cas d'espèce, et la meilleure formule dépend essentiellement de la formation et de la personnalité de l'individu amené à concevoir l'ouvrage.

Si le projeteur est un technicien sans formation artistique, il pourra avoir recours à des principes élémentaires de composition. A son intention nous avons fait quelques études qui font appel à ces principes et qui lui permettront d'obtenir de bons résultats dans le domaine des ouvrages d'art courants.

S'il est au contraire artiste par nature, mais aussi par formation, il pourra faire appel à sa seule sensibilité. Dans les deux cas les résultats seront le plus souvent comparables car l'artiste applique instinctivement des notions dont il a été imprégné tout au long de sa formation.

Quel que soit le point de vue adopté, nous pensons que cette recherche ne pourra se faire d'une manière désordonnée ; le processus énoncé précédemment est à prendre comme un cadre de travail.

Dans le cas d'ouvrages complexes, l'ingénieur ne devra pas hésiter à faire appel à un architecte, artiste par vocation et par compétence ; le rationalisme du premier et l'intuition du second pourront alors se compléter et s'enrichir mutuellement. Cette collaboration exige, de la part de l'architecte, un bagage de connaissances spécifiques à la technique des ouvrages d'art et, de la part de l'ingénieur, une ouverture d'esprit vis à vis des problèmes esthétiques ; elle supposera entre les deux parties une certaine intelligence qui se traduit par un partage de compétences et par un dialogue. Ce document aura encore le mérite de permettre aux uns et aux autres de définir les limites de leurs investigations et de dégager un mode de collaboration où les responsabilités seront clairement définies.

Sans vouloir nous étendre davantage, nous attirons cependant l'attention sur la nécessité suivante : toute collaboration entre ingénieurs et architectes doit avoir pour origine les premières études de la conception et ne peut valablement se terminer qu'après la mise au point des derniers détails d'exécution. Si, en particulier, le choix de la structure est fait sans que l'architecte y soit associé, sa collaboration perd une grande part de son efficacité.

**deuxième partie**

**LES STRUCTURES COURANTES**

**Page laissée blanche intentionnellement**

# **A \_ PONTS CADRES PORTIQUES VOÛTES**

Ces 3 structures ont entre elles les points communs suivants

- elles comportent une travée unique,
- le tablier et les appuis sont solidaires.

**Page laissée blanche intentionnellement**



## PONTS - CADRES • PORTIQUES

On notera que ce qui différencie, sur le plan de l'aspect, un portique d'un pont-cadre est essentiellement son ouverture.

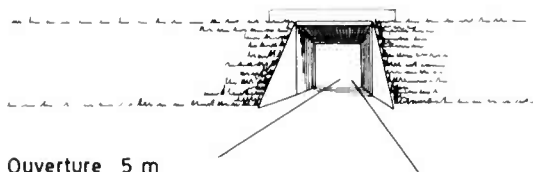
Les ouvrages à 1 travée du type pont-cadre ou portique constituent la majorité des franchissements en passage inférieur lorsque la largeur de la voie est faible ou moyenne (jusqu'à 20 m environ) et lorsque le biais n'est pas trop accusé (70 grades).

Ils se présentent dans le talus comme une ouverture rectangulaire, assortie de murs de tête dont la fonction est de maintenir les terres, en remblai ou en déblai, suivant le cas. L'aspect de l'ouvrage sera très influencé par son ouverture et, dans de moindres proportions, par la largeur de la plate-forme de la voie supérieure. C'est ce que montrent, avec deux dispositions des murs de tête, les figures ci-contre dans le cas le plus courant : l'autoroute est en remblai, la voie franchie a une ouverture de 5, 10 et 20 mètres, le biais est faible.

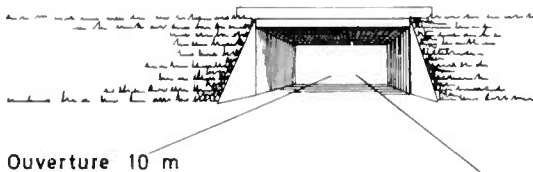
La première constatation à faire porte sur les proportions : l'ouvrage de 5 m d'ouverture se présente pratiquement sous la forme d'un «trou» carré en forme de tunnel, tandis que l'ouvrage de 20 m d'ouverture paraît large et dégagé ; quant à l'ouvrage de 10 m, il apparaît simplement bien proportionné.

MURS EN AILE

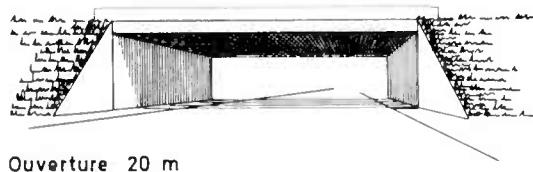
MURS EN RETOUR



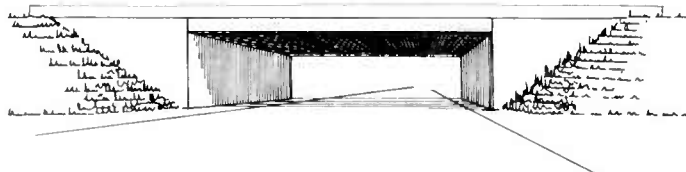
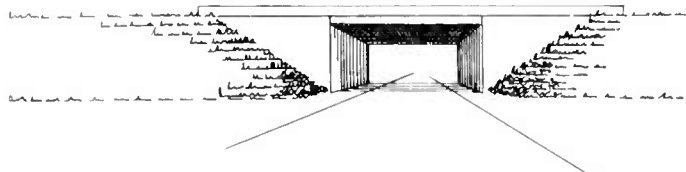
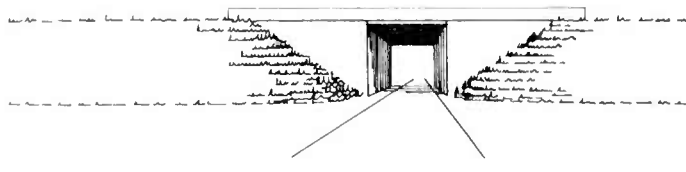
Ouverture 5 m



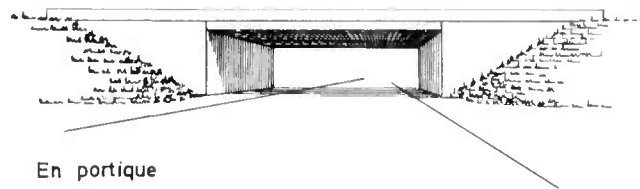
Ouverture 10 m



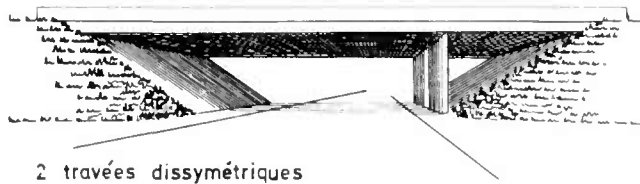
Ouverture 20 m



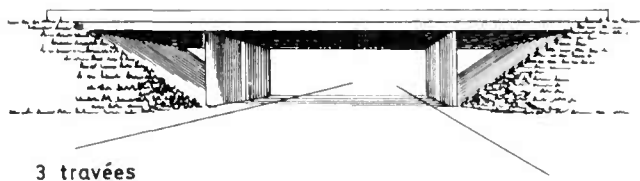
Si l'on voulait donner plus de dégagement sous l'ouvrage, on pourrait envisager une structure à 2 travées dissymétriques ou à 3 travées symétriques.



En portique



2 travées dissymétriques



3 travées

Les figures ci-contre permettent de constater que la structure à 3 travées ne produit pas l'impression de dégagement que l'on pourrait en attendre ; cela tient au fait que la voie inférieure est toujours bordée par 2 palées et que, par l'effet de la perspective, les vides des travées de rive n'ont pas l'importance que laisse apparaître une simple élévation.

Par contre, la solution en 2 travées dissymétriques assure incontestablement, pour la même longueur de tablier, un excellent dégagement pour l'usager de la voie inférieure ; son principal inconvénient est d'être plus coûteuse, en raison de l'importance de l'une des portées. Elle peut néanmoins s'avérer intéressante dans le cas d'un franchissement à grand tirant d'air, comme on le verra plus loin.

En conclusion, l'esthétique des ponts-cadres et des portiques est donc directement liée à la silhouette, que l'on peut caractériser par le rapport

$$\frac{\text{hauteur}}{\text{ouverture}}$$

Elle concerne également le choix et l'implantation des murs de tête, ainsi que l'étude de détail des éléments constitutifs.

Les trois photos ci-contre montrent l'importance que l'on doit accorder à une bonne disposition de ces murs :

- Sur la première photo, le choix de murs qui ne sont vraiment ni en aile, ni en retour, donne une forme disgracieuse à l'ensemble de l'ouvrage.
- La deuxième photo fait apparaître, par une mauvaise implantation des murs, un déséquilibre entre leurs surfaces vues. Le fruit des murs et les arêtes obliques accentuent le manque d'unité de l'ensemble.
- Sur la troisième photo, la hauteur du retour des murs en aile alourdit l'ouvrage.



## CHOIX ET IMPLANTATION DES MURS DE TÊTE

Le choix se portera sur des murs en aile ou sur des murs en retour ; les problèmes d'implantation concernent uniquement les premiers.

### Murs en aile

Dans la plupart des cas, les murs en aile semblent bien adaptés. Par leur forme vue – un triangle rectangle reposant sur le grand côté – ils assoient l'ouvrage ; par leur implantation en évasement, ils assurent une transition entre les plates-formes de la voie franchie hors et sous ouvrage et incitent l'utilisateur à s'y engager.

Ils sont particulièrement recommandés dans le cas d'ouvrages très biais, comme on le verra plus loin.

Par ailleurs, ils présentent le double avantage de ne pas poser de délicats problèmes de stabilité et d'être économiques.

Leur implantation devrait, semble-t-il, répondre aux exigences suivantes :

- créer un effet de « trémie » ;
- équilibrer l'ouvrage par l'égalité des surfaces vues, quel que soit le biais ;
- proportionner les parties apparentes à l'ouverture.

Ces conditions amènent à considérer des angles d'ouverture  $\alpha$  et  $\beta$  différents pour chacun des deux murs et variables suivant l'ouverture et le biais de l'ouvrage.

Elles se traduisent par les formules suivantes :

$$\begin{aligned}\alpha &= 15 + 0,03 L^2 \\ \beta &= 0,008 (\varphi + 25) \alpha\end{aligned}$$

dans lesquelles  $L$  est l'ouverture droite et  $\varphi$  l'angle du biais, en précisant que  $\alpha$  est du même côté que  $\varphi$  (cf. schémas) ; les unités sont le mètre et le grade.

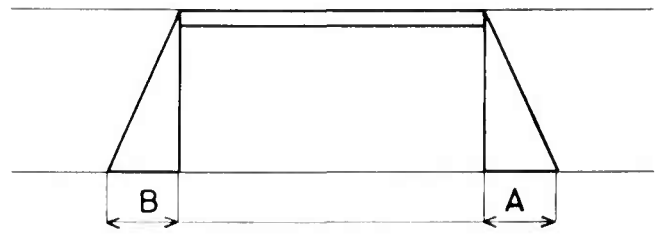
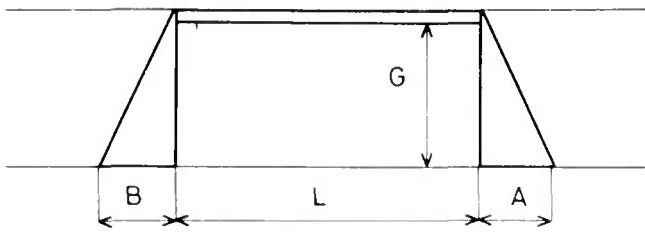
Ces règles conduisent à des résultats acceptables dans tous les cas, quand bien même le biais serait très accentué et la voie inférieure serait en déblai.

On notera que les valeurs minimales de  $\alpha$  et de  $\beta$  sont :

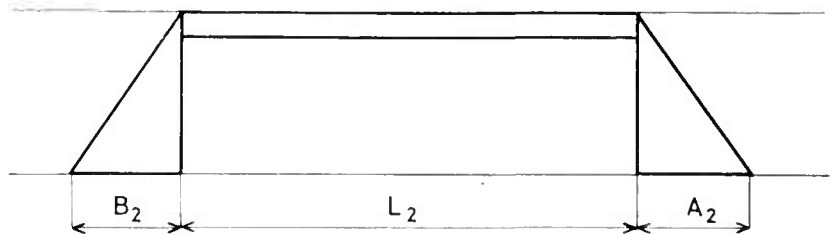
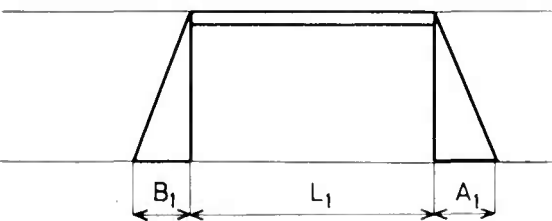
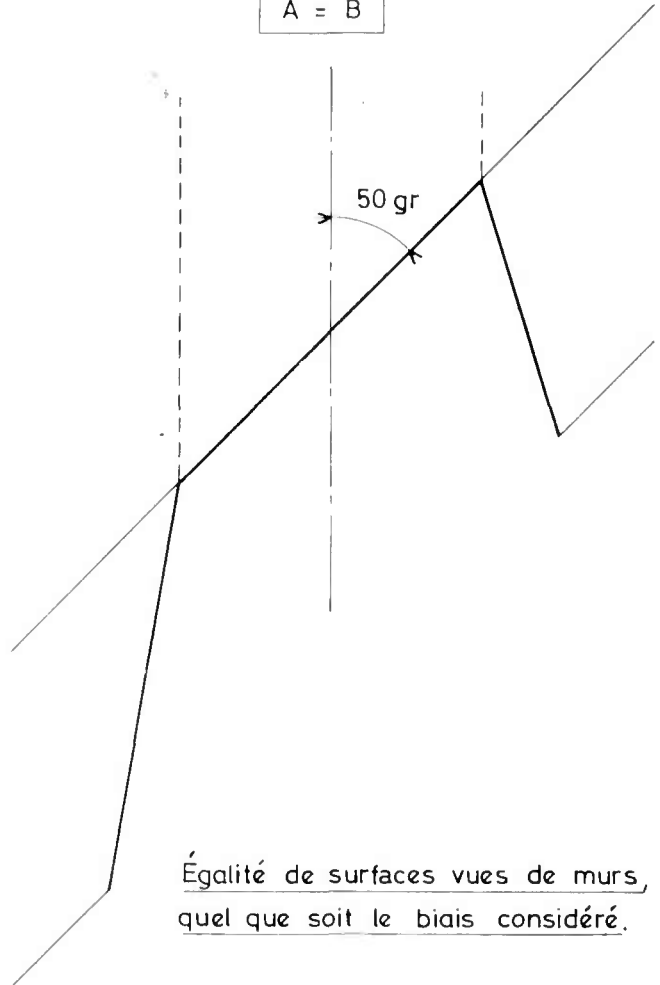
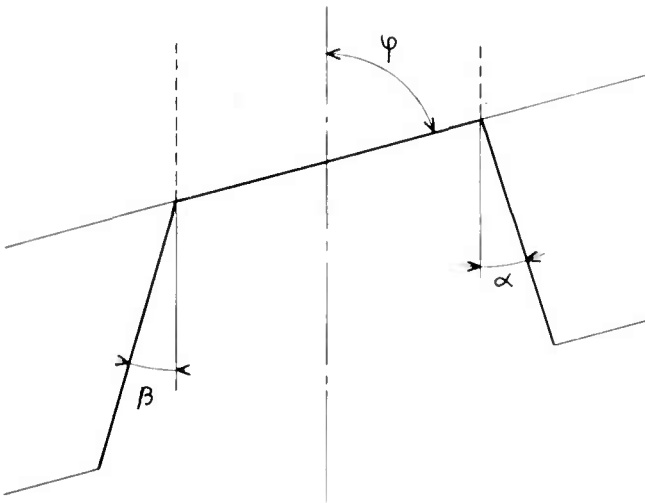
$$\alpha = 15$$

$$\beta = 0,12 (\varphi + 25)$$

Il y a lieu de remarquer, par ailleurs, que ces formules ont été établies dans l'hypothèse d'ouvrages qui dégagent un gabarit normal (hauteur de remblai de 5m à 6m). En présence d'un remblai plus élevé on pourra encore les appliquer, sous réserve de vérifier leur bien-fondé d'après une vue perspective ou une maquette.



$$A = B$$



Proportionnalité entre les surfaces vues et l'ouverture.

$$\frac{A_1}{L_1} = \frac{A_2}{L_2}$$

## Murs en retour

Outre leur coût plus élevé et les problèmes qui peuvent se poser à l'égard de leur stabilité, les murs en retour ne s'adaptent pas aussi bien que les murs en aile aux situations les plus diverses : dans le cas des petites ouvertures, par exemple, il y a disproportion entre le rectangle formé par l'ouvrage proprement dit et les triangles formés par les murs, qui semblent déséquilibrer l'ouvrage.

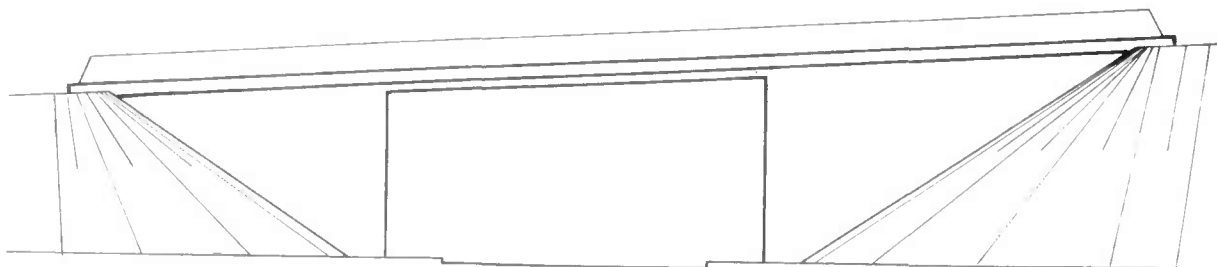
Il serait esthétiquement souhaitable de ne pas envisager de murs en retour lorsque la longueur de l'un d'eux dépasse les  $\frac{2}{3}$  de l'ouverture.



Par contre, ils conviennent dans le cas de grandes ouvertures : ils allongent la silhouette, ils assurent une transition heureuse avec les talus et donnent à l'ensemble un aspect plus riche que de simples murs en aile ; il suffit, pour s'en convaincre, de comparer les schémas de la page 27.

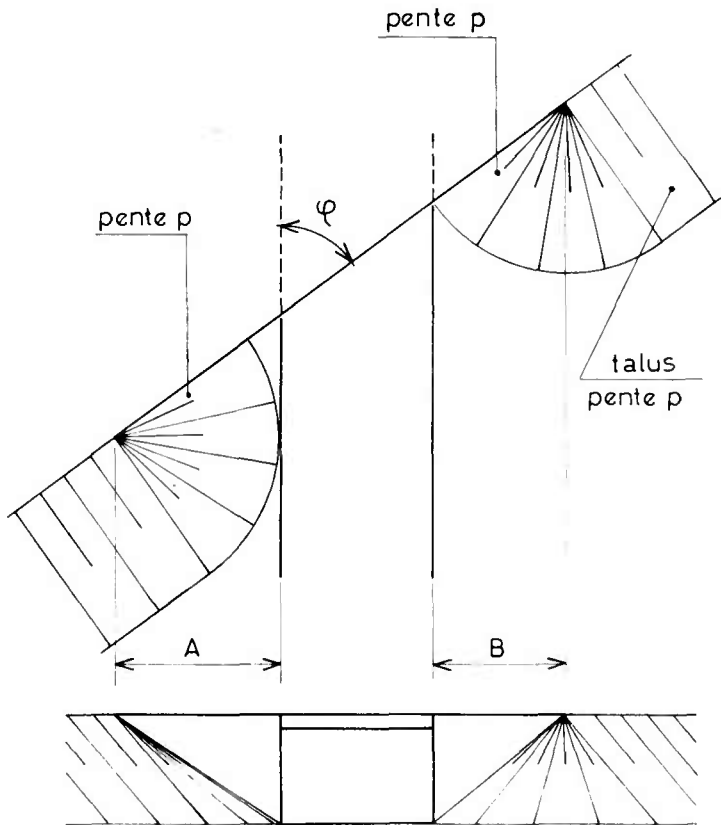
Ils sont à déconseiller dans les cas suivants :

1 — lorsque la voie supérieure a un profil en long en pente sensible ; les deux murs ont alors des longueurs inégales;



- 2 — lorsque le franchissement est très biais ; l'angle aigu que fait l'un des murs avec le piédroit est difficile à traiter convenablement.

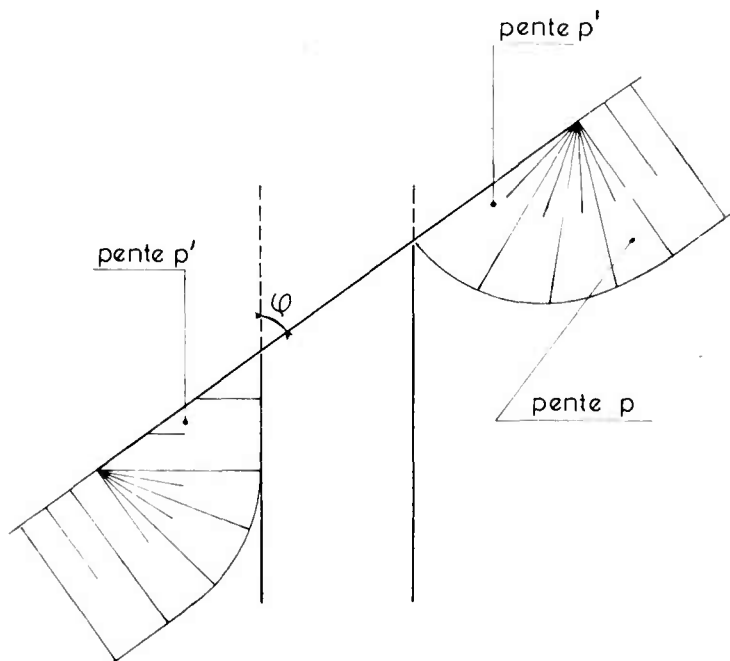
Dans ce dernier cas, il y a lieu en outre de se préoccuper de la géométrie des talus.



Les schémas ci-contre montrent clairement que la solution consistant à aménager deux quarts de cône de même pente conduit à des longueurs de murs inégales (ici  $A > B$ ).

On devra au contraire aboutir à une égalité entre  $A$  et  $B$ , ce qui conduit à donner aux talus la même pente  $p' = p \sin \varphi$  le long des murs.

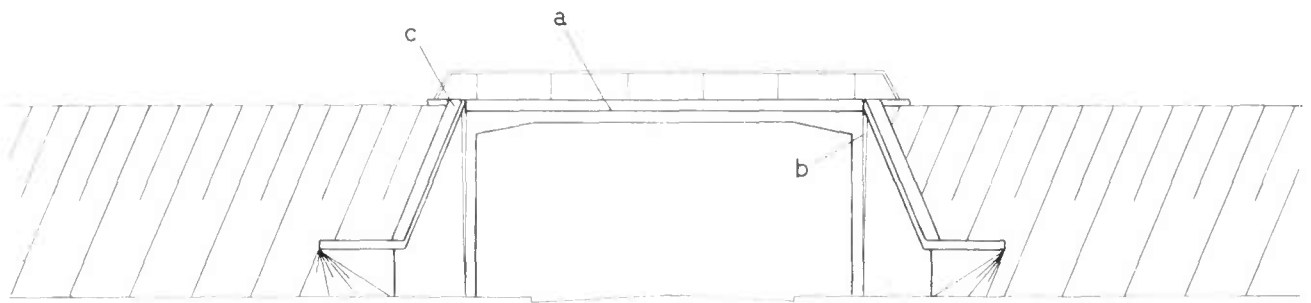
Le quart de cône de droite comporte donc une pente variable de  $p$  à  $p'$  (schéma du bas).



## ÉTUDE DE DÉTAIL

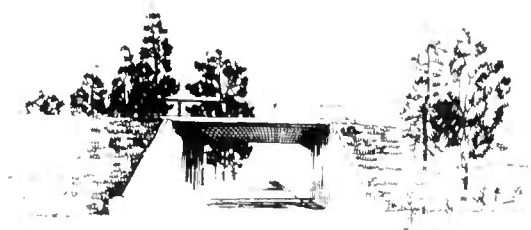
L'étude de détail des éléments constitutifs, tels qu'ils sont décrits aux dossiers-pilotes PI-CF et PI-PO, fait ressortir les points sur lesquels des erreurs sont à éviter :

- égalité entre la corniche et la face vue de la dalle (a) ;
- fruit de la face vue des murs en aile, ce qui entraîne un raccord en forme de triangle à la jonction du piedroit et des murs ; ce raccord est difficile à bien réaliser, il laisse le joint apparent (b) ;
- retournement de la corniche en forme de rampant sur la partie supérieure du mur en aile (c).



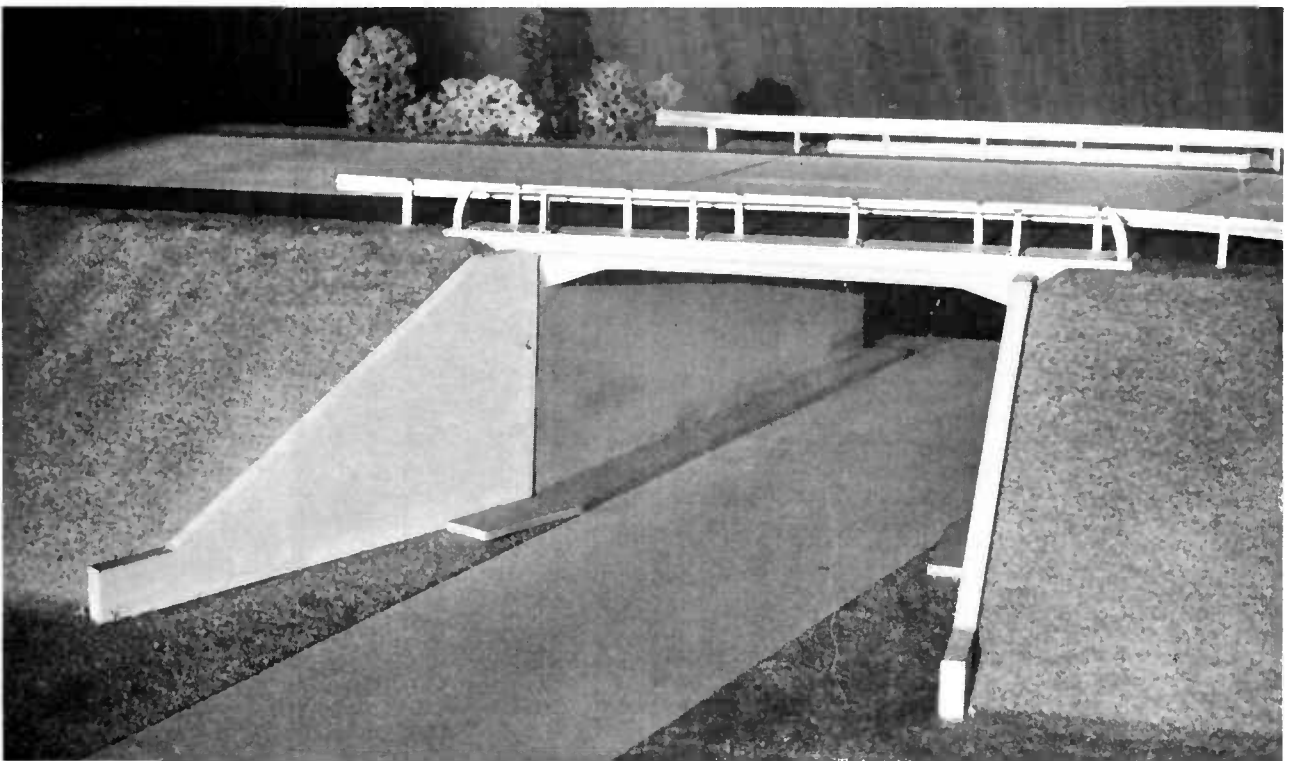
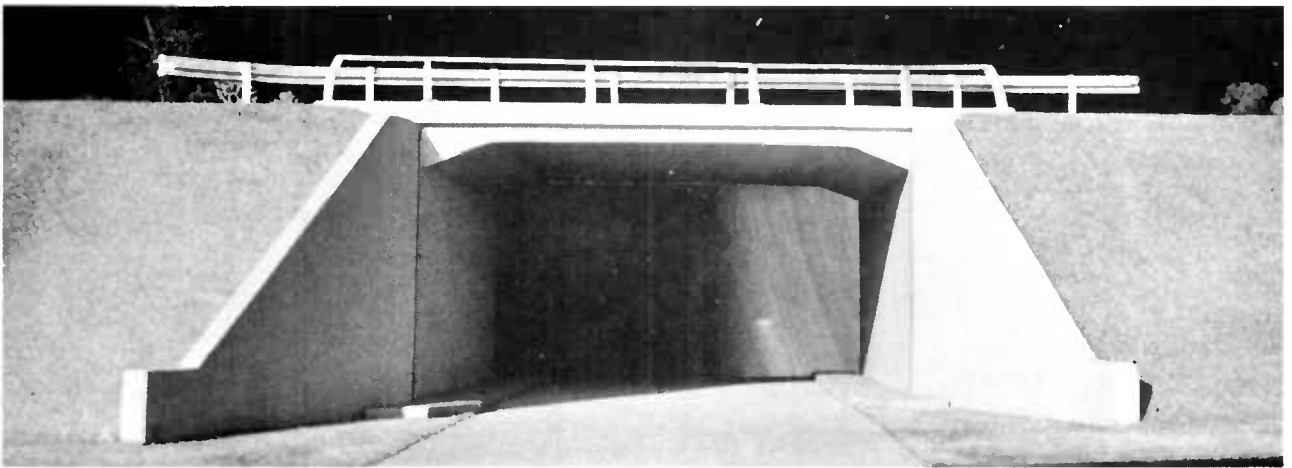
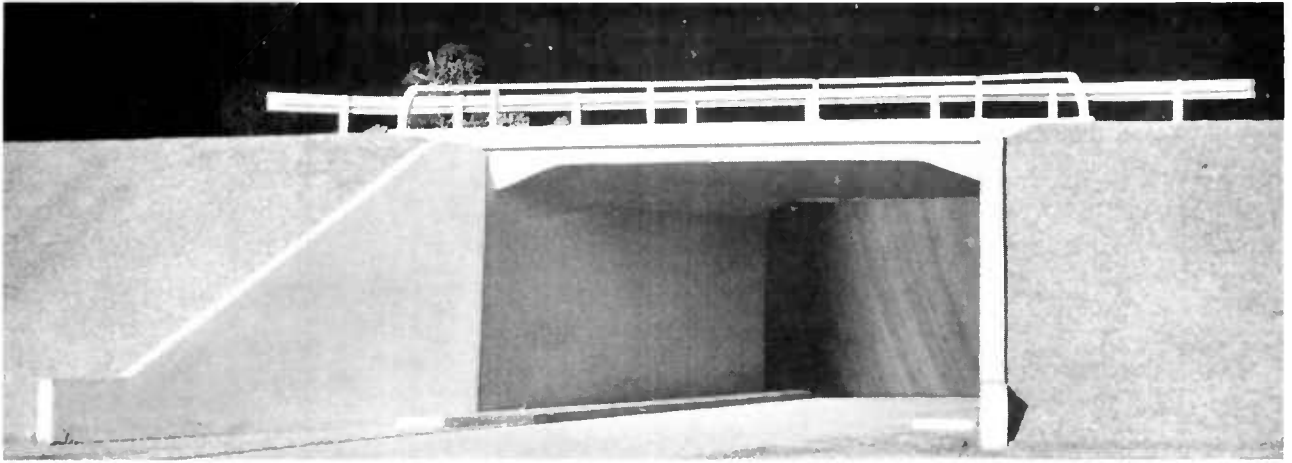
A titre d'exemple on trouvera ci-joint le résultat des recherches esthétiques faites sur un ouvrage type PI-CF\* (Planche III).

\* épuisé non réédité.





Pl. III



L'ouvrage a été affiné en réduisant le nombre des plans.

La hauteur des murs en aile est limitée au dessous de la corniche de manière à intégrer l'ouvrage à la ligne horizontale des talus.

Cette disposition, pour respecter la géométrie des talus, conduit à maintenir constante sur une certaine longueur la hauteur des murs en aile. (a)

D'autre part, le prolongement de la corniche au-delà des piédroits nécessite une amorce de mur en console (cf. détail).

Les murs en aile prolongent le piédroit, ce qui implique l'absence de fruit ; ils sont implantés suivant la règle énoncée précédemment. (b)

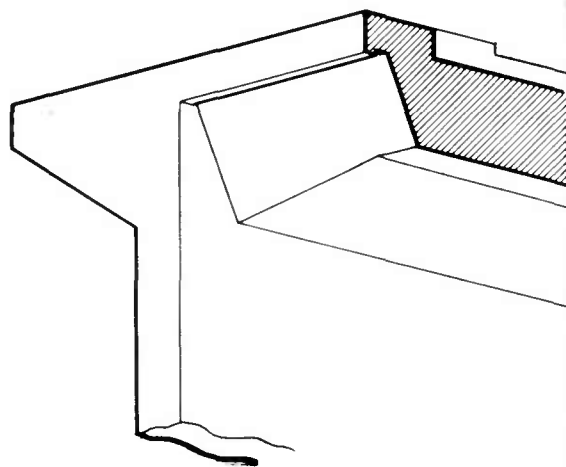
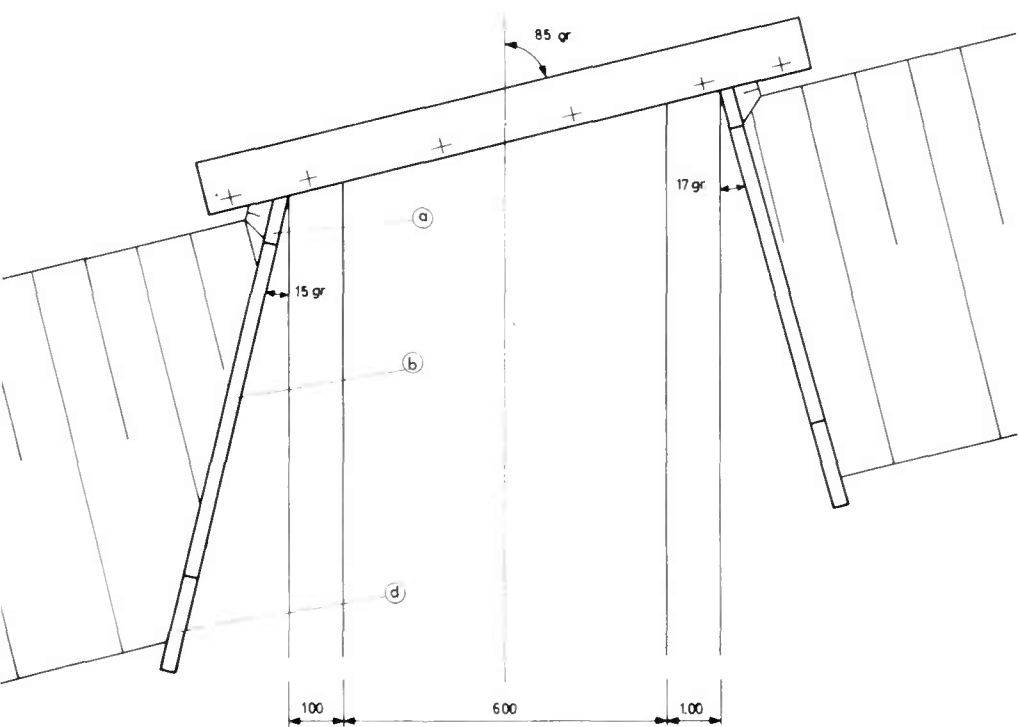
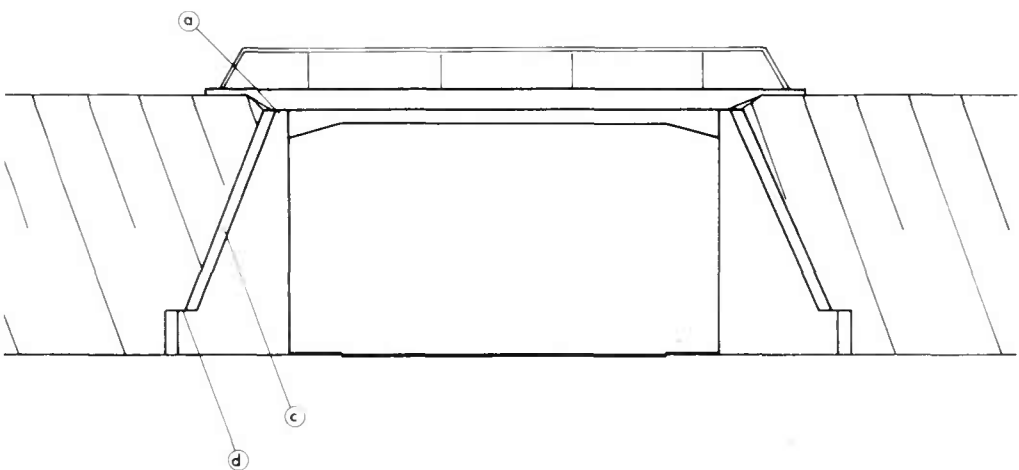
Les rampants, vestiges de la construction en maçonnerie, sont supprimés ; la face supérieure des murs est légèrement inclinée vers le talus de manière à faciliter l'écoulement des eaux. (c)

Le retour en pied du talus est remplacé par un replat qui arrête franchement le voile. (d)

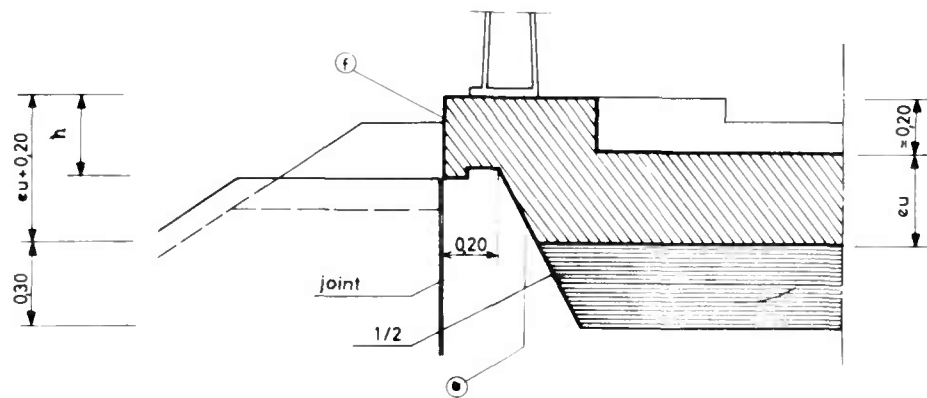
Pour rendre le gousset moins apparent, le plan vertical de la face vue de la dalle est remplacé par un plan oblique (e) contrastant avec la corniche verticale. (f)

D'autre part, la proportion de la corniche par rapport à l'épaisseur vue sera de 3 pour 2 : son débord sera fixé uniformément à 20 cm.

On affirmera la structure monolithique de cet ouvrage en réalisant avec des coffrages lisses les parements des piédroits et les murs en aile qui sont leur prolongement.



Ouverture	Epaisseur utile moyenne (eu)	Epaisseur totale vue (eu+0,20)	Hauteur corniche (h)
5.50	0.32	0.52	0.30
8.00	0.36	0.56	0.30
10.00	0.44	0.64	0.35



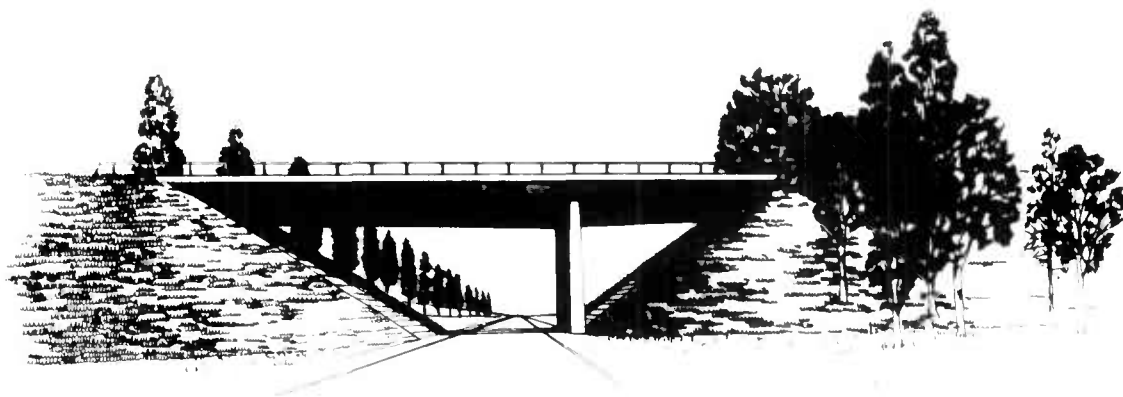
## CAS DES FRANCHISSEMENTS À GRAND TIRANT D'AIR

Dans le cas des ouvrages à grand tirant d'air, les proportions entre l'ouverture et la hauteur ne sont généralement pas harmonieuses et dans certaines circonstances, lorsque la brèche est carrée par exemple, les ouvrages n'ont plus d'échelle.

Les murs de tête, presque obligatoirement en aile, produiraient un effet de muraille qui «écrase» le passage ; leur exécution devient délicate et leur prix de revient est élevé.



Dans la plupart de ces cas, il est donc souhaitable de faire appel à d'autres structures, ceci dans le cadre d'une discussion sur les différents types envisageables : tablier à 2 travées dissymétriques avec pile intermédiaire disposé en bordure de la voie franchie, voûte massif, voûte en béton armé. On trouvera au chapitre suivant des précisions sur cette dernière solution.



# VOÛTES

Comme on l'a vu précédemment, une voûte sera avantageusement employée dans le cas de franchissement sous remblai élevé.

Elle sera traitée soit en voûté massif (seulement dans le cas des petites ouvertures) soit en béton armé, son ouverture pouvant alors atteindre une quinzaine de mètres. Les têtes peuvent être traitées classiquement, avec tympan et murs en aile : on retrouve alors les dispositions propres aux ponts-cadres.



Dans le cas d'emploi de béton armé, l'ouvrage sera réalisé de façon particulièrement élégante en arrêtant la voûte suivant son intersection avec le talus et en la surmontant d'un bandeau cylindrique à génératrices verticales, destiné à arrêter les terres. Toutefois l'attention est attirée sur les problèmes de calcul qui doivent en résulter, et qui n'ont pas encore été approfondis.



**Page laissée blanche intentionnellement**

## **B \_ PONTS DALLES SIMPLES**

Les ponts en dalle de béton armé ou précontraint sont très fréquemment rencontrés sur autoroutes ; ils constituent la majeure partie des franchissements en passage supérieur et aussi bon nombre de franchissements en passage inférieur.

L'utilisation courante de la précontrainte autorise les épaisseurs les plus réduites et le franchissement de portées notables.

Le tablier peut comporter soit une travée unique entre culées, soit plusieurs travées continues, au nombre de 2, 3, 4 ou même davantage en échangeur : il est appuyé aux extrémités sur des piles culées. Ce type d'ouvrage se juge la plupart du temps d'après sa silhouette. Si le grand élancement du tablier contribue à donner à l'ensemble une impression de légèreté, il exige en revanche, de la part du projeteur, une étude particulièrement attentive du profil longitudinal défini par les lignes de l'extrados et de l'intrados.



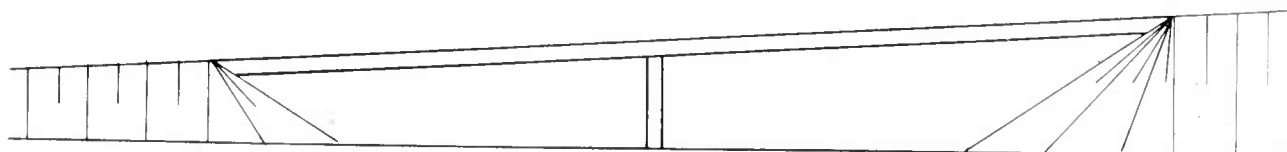
# GÉNÉRALITÉS

## PROFIL LONGITUDINAL

**Extrados** – La ligne d'extrados vue est le haut de la corniche, parallèle au profil en long de la chaussée : on devra donc porter son attention sur ce dernier. On évitera toute discontinuité de courbure en adoptant soit un arc de cercle unique, soit une droite, mais jamais un profil mixte comportant à la fois des droites et des cercles. Dans le cas où la voie portée est en pente, on adoptera un profil rectiligne (1) de préférence à un profil circulaire (2).

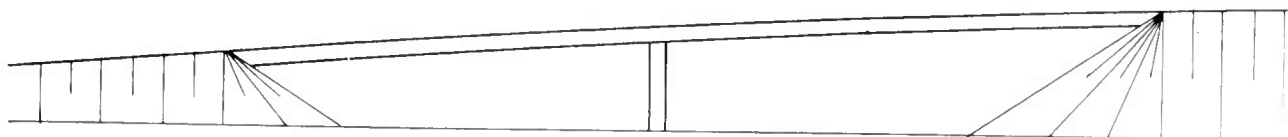
Le cas du profil circulaire appelle quelques réserves : il devient discutable lorsque le rayon de courbure est faible (effet de «dos d'âne») (3) ou lorsque l'ouvrage est long et biais (accentuation de la courbure apparente) (4) ; son rôle essentiel est de faciliter l'écoulement des eaux de ruissellement sur l'ouvrage alors qu'un profil rectiligne de pente nulle ou faible ne le permettrait pas ; il assure en outre le raccordement aux rampes d'accès. On adoptera dans de tels cas la courbure la plus faible compatible avec ces fonctions.

Quoi qu'il en soit, on peut poser en principe qu'un profil longitudinal rectiligne donnera généralement plus belle allure à l'ouvrage.



Profil rectiligne. Pente 6 %

1



Profil circulaire ( $R = 1\ 000\text{ m}$ ). Pente moyenne 6 %

2



Profil circulaire symétrique ( $R = 1\ 000\text{ m}$ ). Biais nul

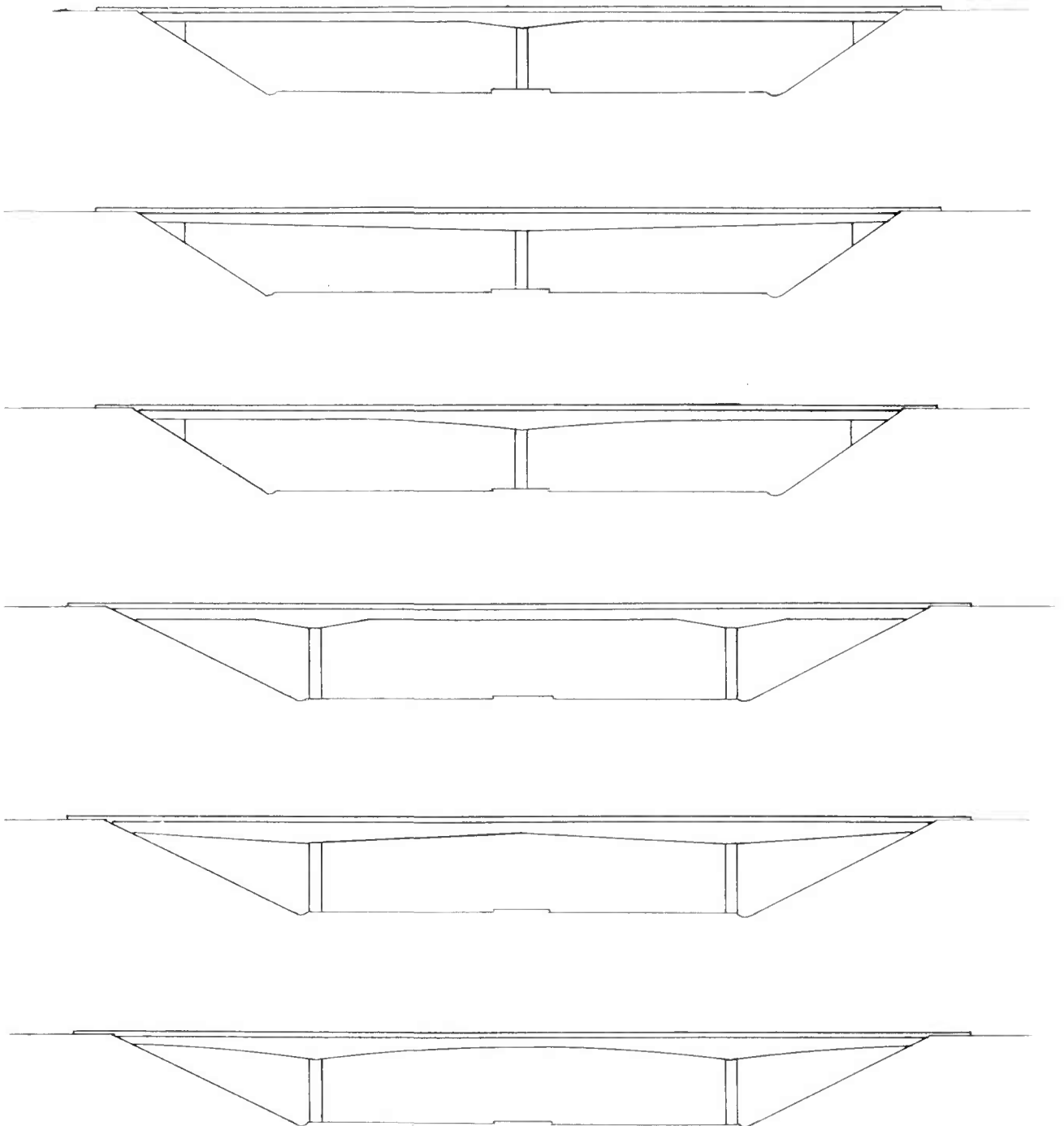
3



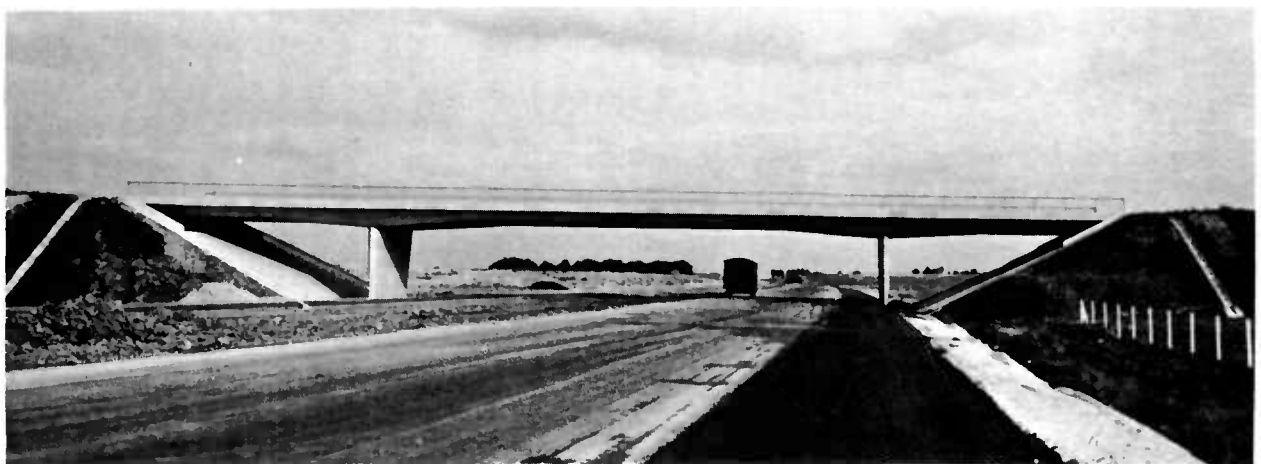
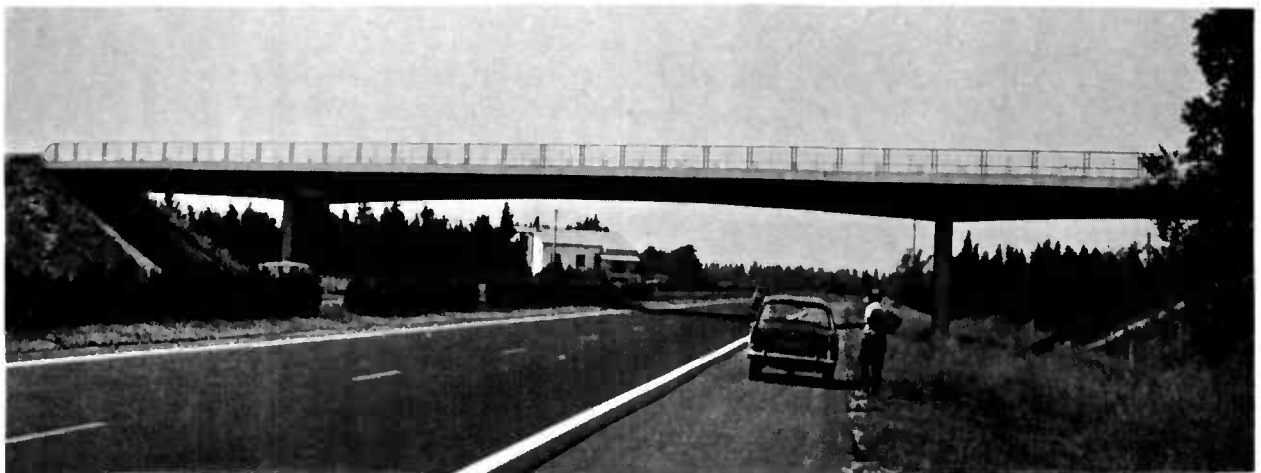
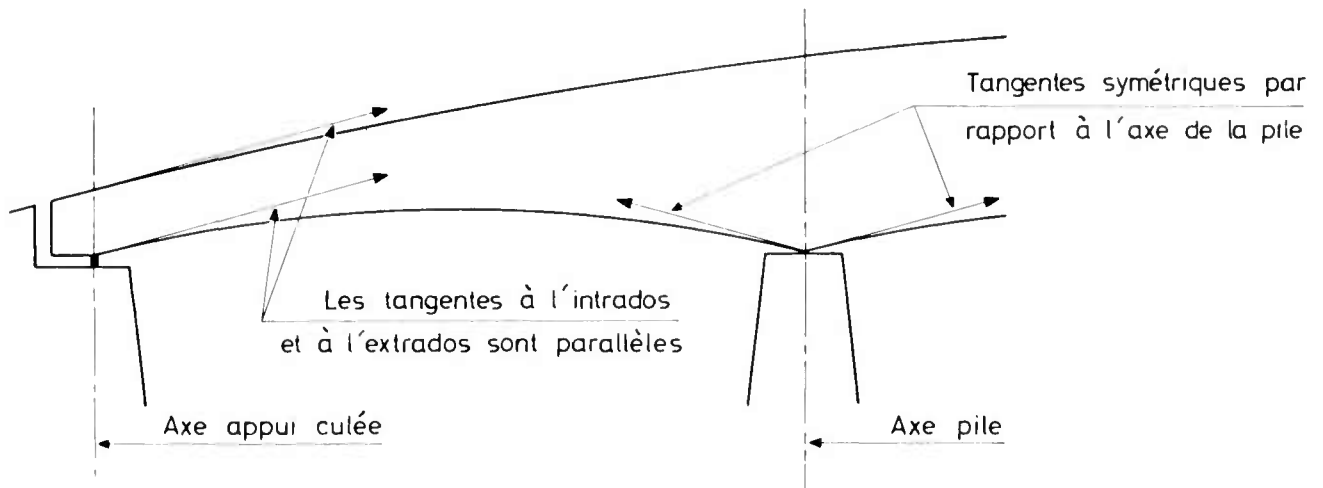
Profil circulaire symétrique ( $R = 1\ 000\text{ m}$ ). Biais 50 grades

4

**Intrados** – L'intrados peut être parallèle à l'extrados, ou avoir un tracé différent, suivant que l'on aura affaire à une structure d'épaisseur constante ou variable. Le premier cas se rencontrera sur les tabliers de faibles ou moyennes portées (jusqu'à 20-25 m), le deuxième étant d'utilisation normale pour des portées plus importantes ; la variation de profil peut alors se présenter sous la forme d'un simple gousset au voisinage des appuis intermédiaires, d'une variation linéaire sur toute la longueur du tablier ou encore d'une courbure variable le long du tablier.



Dans ce dernier cas, on veillera à ce qu'au voisinage des appuis d'extrémité les tangentes à l'intrados et à l'extrados soient parallèles et à ce que, de part et d'autre des appuis intermédiaires, les tangentes soient symétriques par rapport à l'axe de la pile ( cf. dossier-pilote T.I.V. 67).\*



\* épuisé non réédité.

## PROFIL TRANSVERSAL

Trois options sont envisageables pour le choix d'un profil transversal :

- profil sans encorbellement,
- profil avec encorbellements,
- profil transversal variable.

Deux cas se présentent selon que l'on a affaire (cf. p.14) à un ouvrage d'art destiné à être vu – ou non – principalement par les seuls automobilistes :

- dans le premier cas le problème de la silhouette est primordial, cependant ce n'est pas une raison pour négliger les dispositions qui n'apparaissent qu'en perspective ;
- dans le deuxième cas ces dispositions, non seulement ne sont pas à négliger, mais prennent une importance essentielle.

En perspective, on ne saurait dissocier le profil transversal du profil longitudinal. On recherchera la meilleure association entre le profil longitudinal et le profil transversal, ainsi que leur harmonisation ; cette association a du reste une incidence sur les arêtes en plan.

Les considérations qui précèdent conduisent à distinguer cinq combinaisons possibles entre profil longitudinal et profil transversal.

**Profil longitudinal d'épaisseur constante associé à :**

- un profil transversal sans encorbellement, (p. 42 )
- un profil transversal avec encorbellements, (p. 56 )
- un profil transversal variable; (p. 58 )

**Profil longitudinal d'épaisseur variable associé à :**

- un profil transversal sans encorbellement, (p. 60 )
- un profil transversal avec encorbellements. (p. 62 )

# PROFIL LONGITUDINAL D'ÉPAISSEUR CONSTANTE

## PROFIL LONGITUDINAL D'ÉPAISSEUR CONSTANTE

### ASSOCIÉ À UN PROFIL TRANSVERSAL SANS ENCORBELLEMENT

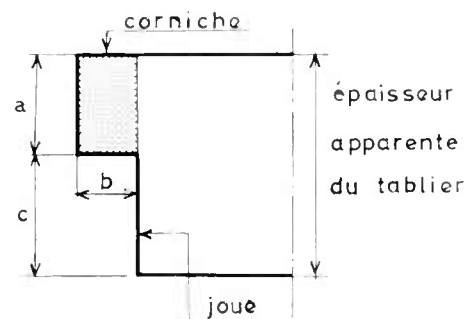
#### JOUE DE LA DALLE ET CORNICHE

##### Généralités

Ces deux éléments ont un rôle essentiel dans l'aspect du tablier. La joue de la dalle, tout à la fois, traduit l'épaisseur du tablier et dessine la ligne de l'intrados. La corniche souligne l'extrados : c'est un élément de finition qui peut jouer un rôle de rattrapage lorsqu'elle est coulée après décentrement ou préfabriquée.

D'une façon schématique, le profil de la corniche s'inscrit dans un rectangle défini par « a » la hauteur, et « b » le débord par rapport à la joue de la dalle, dont « c » est la hauteur vue.

On notera que pour un tablier donné « a + c » est un invariant égal à l'épaisseur apparente du tablier.



Examinons les proportions des trois dimensions introduites ci-dessus, sous le double aspect de la silhouette et de la perspective.

#### LA SILHOUETTE

Par le jeu de l'éclairage, la corniche apparaît comme un bandeau clair surmontant la joue de la dalle rejetée plus ou moins dans l'ombre.

La hauteur « a » s'appréciera directement par comparaison avec la hauteur vue « c » de la joue de la dalle : on choisira « a » nettement inférieure ou supérieure à « c », de façon à éviter l'égalité de ces deux dimensions ; comme par ailleurs la corniche sert généralement de support au garde-corps, la valeur de « a » ne saurait être inférieure à 0,35 m ; sa limite supérieure, dans le cas des corniches standardisées, sera de l'ordre de 0,50 m. L'importance du débord « b » s'appréciera indirectement, contrairement à celle de « a » et de « c », d'après son influence sur l'éclairage de la joue de la dalle : la valeur de « b » sera de 0,25 m ou de 0,30 m dans le cas des corniches standardisées (cf. G.C. 77). On peut éventuellement signaler que le choix du profil peut jouer à cet égard un rôle correctif.

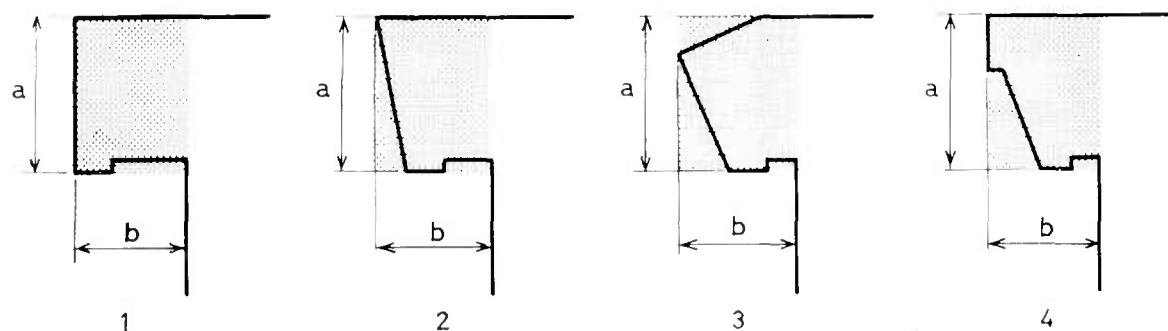
En perspective, l'observateur est sensible à la modénature de la joue et de la corniche, et en particulier à l'orientation des plans du profil.

### Joue

On peut envisager deux façons de traiter la joue : verticale ou inclinée; la valeur moyenne de l'inclinaison pourra être alors de  $1/2$  par rapport à la verticale. On sera parfois amené, pour des raisons techniques, à prendre une option sur son profil : il pourra en être ainsi notamment dans les dalles à précontrainte transversale pour lesquelles une orientation verticale simplifie l'exécution.

### Corniche

A l'intérieur du rectangle défini précédemment, on peut jouer sur le nombre et l'inclinaison des plans du profil de la corniche : c'est ainsi que la partie vue en élévation peut être constituée par un plan unique vertical (1) ou incliné (2), ou encore de deux plans, verticaux ou inclinés (3), (4). Les trois derniers profils sont standardisés (cf. G.C. 77).



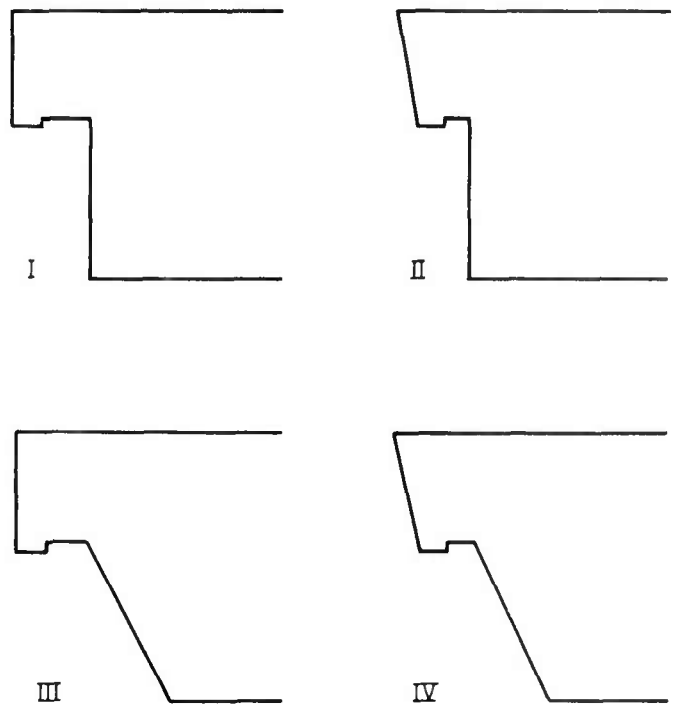
Pour les ponts dalles, nous conseillons plus particulièrement les profils 1 et 2 qui présentent l'avantage de la simplicité ; l'inclinaison par rapport à la verticale du profil 2 sera limitée à  $1/5$ . La forte inclinaison du profil 3 appelle un chanfrein qui évite un angle trop aigu à la partie supérieure; ce chanfrein enlève de la vigueur à l'ensemble et est exposé aux salissures des eaux de pluie. Le profil 4, qui présente lui aussi une forte inclinaison, comporte à la partie supérieure un petit bandeau vertical en saillie, dont le rôle est aussi d'éviter un angle trop aigu ; celui-ci ôte à la corniche son caractère de simplicité.

### Association joue de la dalle et corniche

Les considérations qui précèdent conduisent à envisager quatre cas d'association entre joue de la dalle et corniche :

- I – joue de la dalle verticale et corniche verticale
- II – joue de la dalle verticale et corniche inclinée
- III – joue de la dalle inclinée et corniche verticale
- IV – joue de la dalle inclinée et corniche inclinée

Si l'on compare ces différentes associations, la solution III semble préférable : elle crée un contraste de formes et d'éclairement entre les profils de la dalle et de la corniche. Dans le cas où des impératifs techniques imposeraient à la dalle des joues verticales, la solution I nous semble être la plus harmonieuse.



### Exécution de la corniche

Les corniches peuvent être coulées en place ou préfabriquées.

Du point de vue de l'aspect, on préférera les corniches coulées en place qui assurent une ligne continue et uniforme. Aucune reprise de bétonnage ne devra être visible en élévation.

Les corniches préfabriquées présentent les principaux inconvénients suivants :

- manque fréquent d'homogénéité dans la teinte du béton ;
- difficulté d'un alignement parfait ;
- présence entre les éléments de joints qui brisent la ligne générale de la corniche et sont le siège de suintements ;
- fragilité des arêtes à la manutention.

## PILES

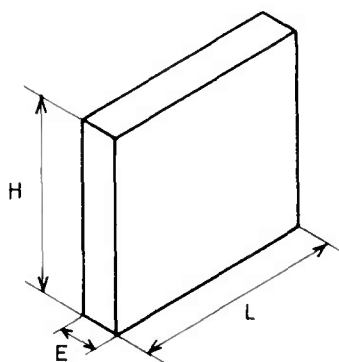
Les piles sont le plus souvent articulées en tête et encastrées au pied, pour diverses raisons concernant les études (facilité des calculs), le comportement des matériaux (retrait et fluage) et les risques de tassements. Cependant une répartition différente des liaisons n'est pas à proprement parler impossible, et elle ne nécessiterait généralement aucune modification appréciable des dimensions de coffrage des ouvrages.

Les liaisons peuvent être :

- volontairement rendues apparentes,
- peu apparentes,
- volontairement dissimulées.

Notre préférence (cf. p. 6 , alinéa 3) va a priori aux solutions esthétiques franches qui laissent apparent le fonctionnement mécanique des structures et l'affirment même autant que faire se peut. C'est dans cet état d'esprit, et étant précisé qu'il ne s'agit pas à ce sujet d'une doctrine du S.E.T.R.A., que les principaux rédacteurs de ce document ont procédé à une recherche personnelle.

Dans un premier temps il y a lieu de définir formes et proportions de la pile sous le double aspect de la silhouette et de la perspective.



Sur les trois dimensions qui interviennent dans la définition des contours de la pile :

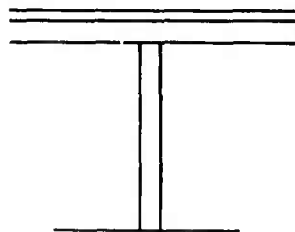
H hauteur,  
E épaisseur,  
L longueur,

seules les deux premières ont une influence sur la silhouette.

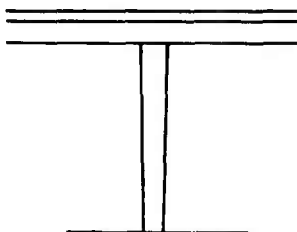
### LA SILHOUETTE

Trois profils sont couramment utilisés :

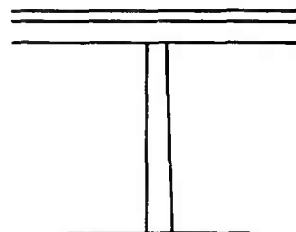
épaisseur constante



fruit négatif



fruit positif



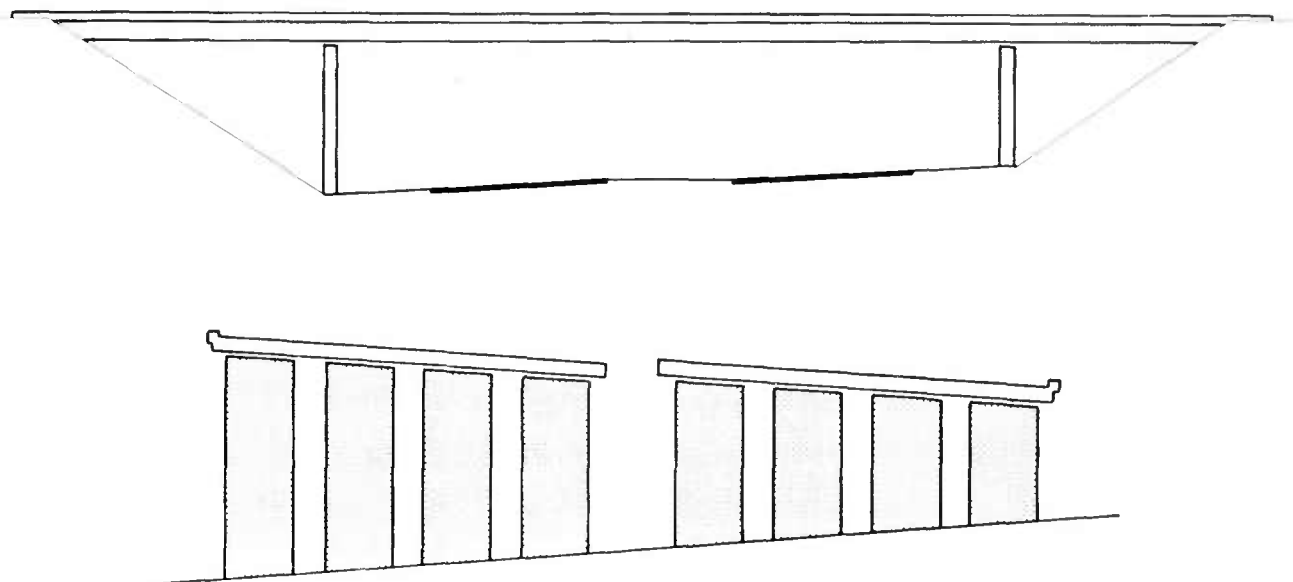


**Incidence de la hauteur.** Cette dimension est liée au tirant d'air sous ouvrage, lequel est imposé soit par le profil des terrassements, soit par les limites du gabarit.

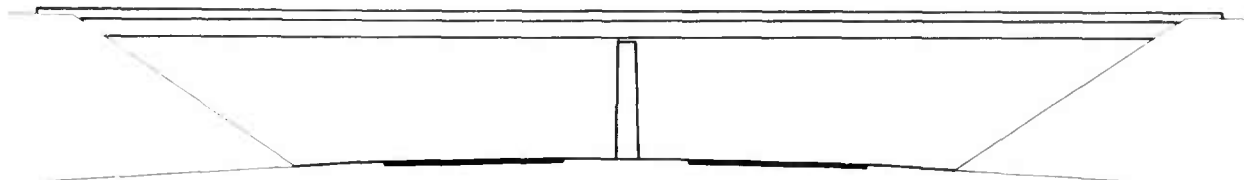
En présence d'un grand tirant d'air, un fruit qui reste sensible conduirait à une épaisseur inacceptable à l'une des extrémités : dans ce cas l'épaisseur restera constante.

Dans les cas normaux, si l'on constate que les piles à fruit négatif sont couramment employées, la solution inverse à fruit positif présente, à notre avis personnel, un intérêt pour certains types d'ouvrages tel le PS à 2 travées.

Il faut noter que la hauteur des piles d'un même ouvrage est souvent différente lorsque le profil en travers de la voie supérieure ou le profil en long de la voie inférieure sont en pente : dans ces cas particuliers, l'étude des proportions de la pile de plus grande hauteur sera déterminante.

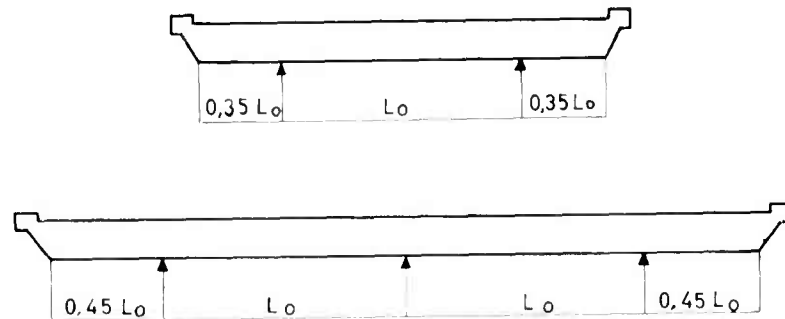


**Choix de l'épaisseur.** Une largeur de 0,50 mètre, qui est normalisée, conviendra dans bien des cas : elle tient compte, du reste, d'importantes considérations d'économie. On peut aussi envisager de proportionner la largeur des piles à l'épaisseur de la dalle ; c'est le cas des ouvrages à 2 travées, pour lesquels l'appui central ne doit pas paraître trop grêle et, étant unique, pèse relativement peu dans le coût total.



Les trois paramètres sont ici à considérer. Le nombre et le contour des éléments de pile sont liés au nombre et à la disposition des points d'appui, lesquels dépendent de la largeur du tablier et de la longueur des portées.

Les schémas ci-dessous, qui résument les règles données à l'additif au dossier-pilote PP 64,\* permettent de dégrossir ce choix.



Néanmoins il est parfois intéressant, et il est admissible techniquement, de modifier légèrement ces implantations. Prenons l'exemple d'un tablier pour lequel nous aurions quatre points d'appui techniquement équidistants ; l'aspect des piles peut être sensiblement amélioré en rapprochant légèrement ces points d'appui, de façon à les grouper par paires.



**Choix du nombre et de la longueur des éléments de la pile.** Les piles doivent donner à l'observateur l'impression que l'ouvrage est bien assis ; pour cette raison, on sera généralement amené à augmenter le volume de béton mécaniquement nécessaire, si toutefois les incidences financières restent acceptables.

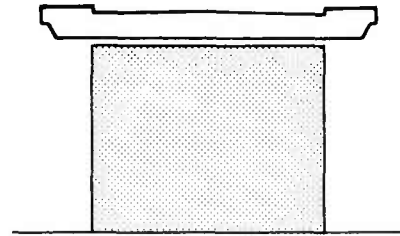
D'une façon générale, on recherchera un équilibre entre le volume des piles et celui du tablier, et on essaiera de créer un certain rythme entre les pleins constitués par les éléments et les vides entre éléments ; cette condition aura une incidence sur le nombre des points d'appui, que l'on pourra être amené à augmenter.

\* épuisé non réédité.

Pour illustrer ces indications, voici quelques exemples :

— Lorsque la largeur utile biaise de l'ouvrage ne dépasse pas 9 mètres, la pile à élément unique s'impose ; la pile peut être en retrait par rapport à la dalle, ce retrait pouvant être notable si les points d'appui sont discontinus.

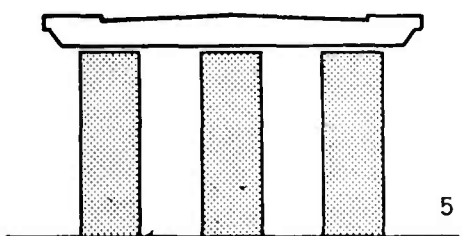
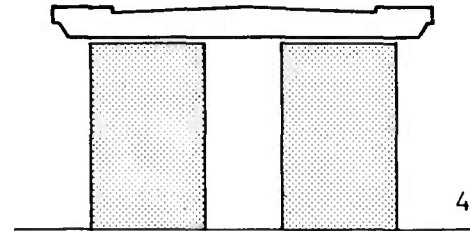
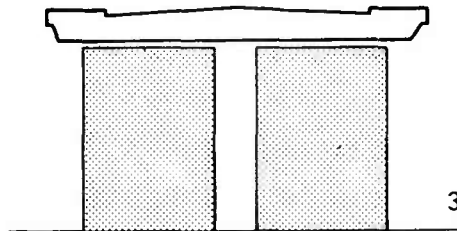
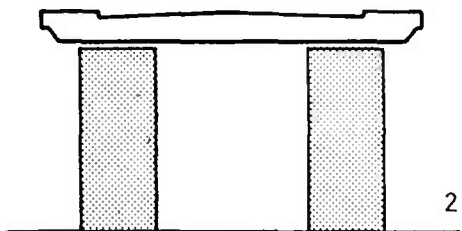
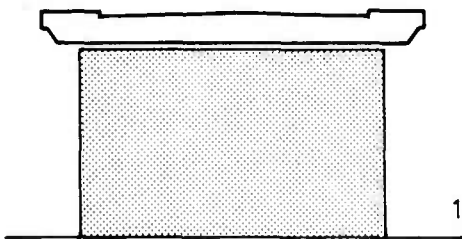
Le nombre des points d'appui est indifféremment pair ou impair.

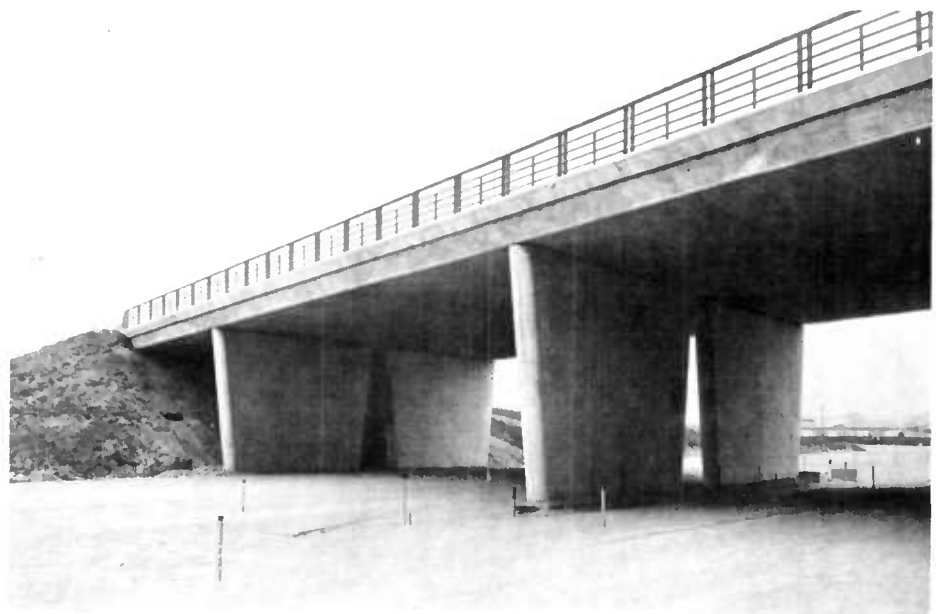
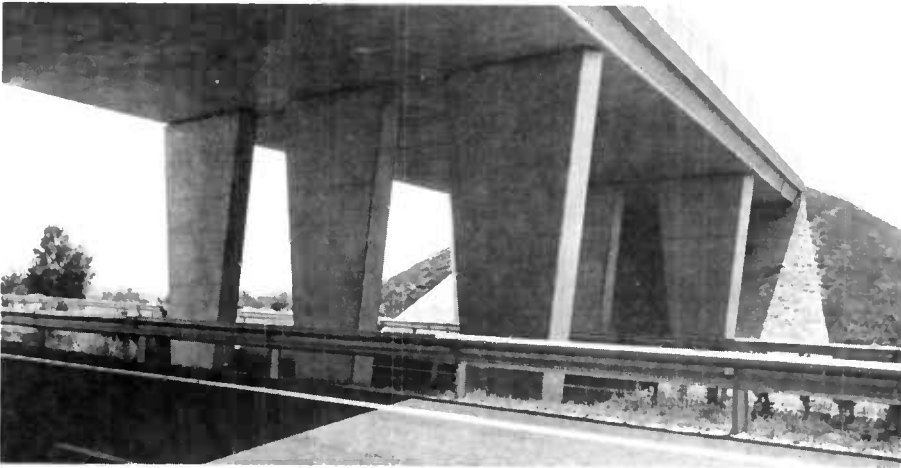
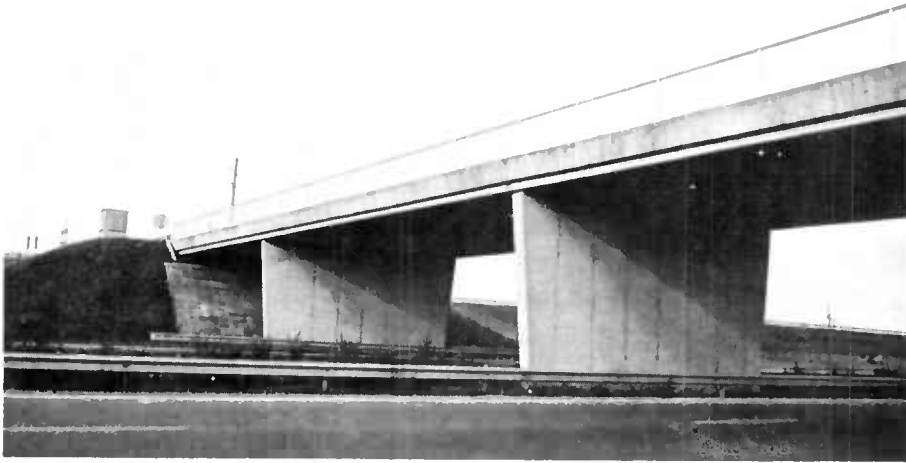


— Lorsque la largeur utile biaise de l'ouvrage est comprise entre 9 et 14 mètres environ, la pile à élément unique devient lourde et disproportionnée par rapport à l'ensemble de l'ouvrage (1). Trois éléments conduiraient à de mauvais rapports entre les pleins et les vides (5). On portera donc généralement le tablier par deux éléments ; les points d'appui seront ici au nombre de quatre.

Plusieurs solutions sont à envisager pour la disposition de ces deux éléments, comme le montrent les croquis 2 à 4

La solution (3) produit un effet de mur ; la solution (2), outre qu'elle n'est pas standardisée, crée un déséquilibre entre l'élément porté et les éléments porteurs ; la solution (4) semble la plus heureuse et répond aux règles énoncées précédemment.





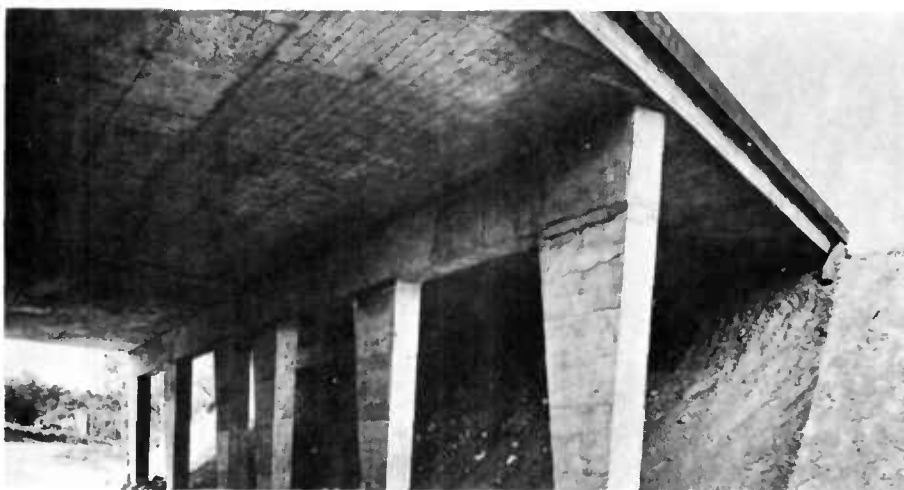
— Lorsque la largeur utile braise de l'ouvrage dépasse 14 mètres, le problème du nombre des éléments se pose avec plus d'acuité.

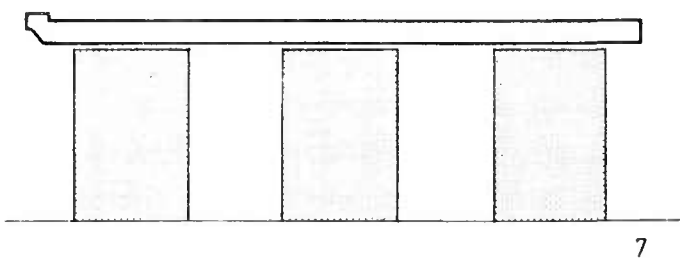
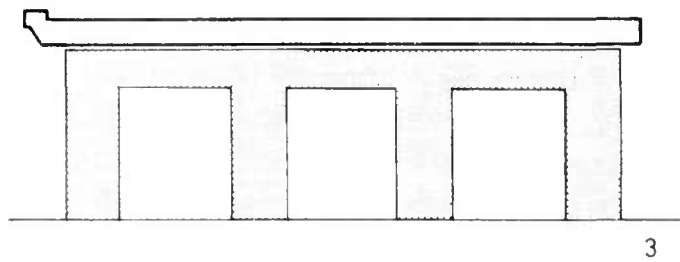
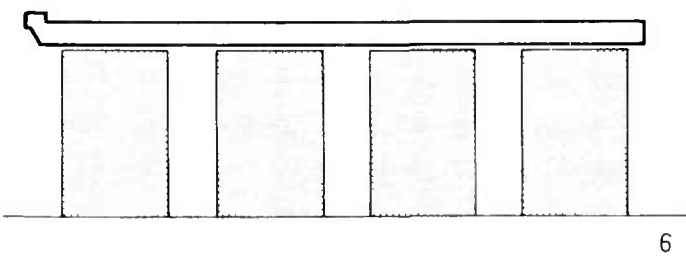
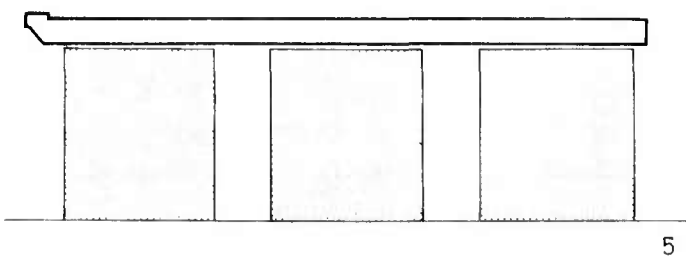
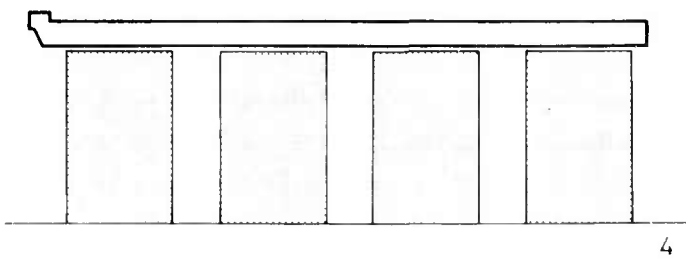
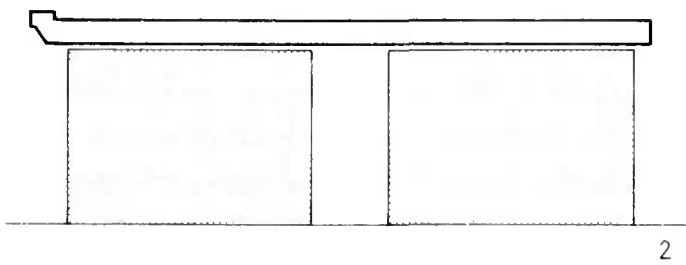
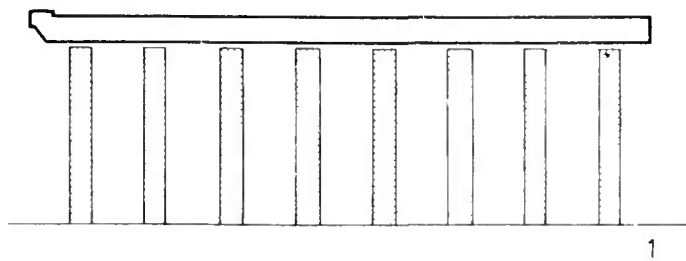
Les croquis de la page ci-contre illustrent les principaux écueils à éviter : l'effet de forêt produit par un grand nombre de colonnes (1) ou, au contraire, l'effet de mur engendré par la réduction excessive du nombre des éléments (2). Entre ces deux extrêmes de nombreuses dispositions sont possibles, avec ou sans chevêtre.

En définitive, la comparaison de ces croquis nous montre que la disposition (7) est la seule qui, tout en préservant l'équilibre de masse entre le tablier et les éléments porteurs, donne une certaine légèreté à l'ensemble de l'ouvrage et fait apparaître des proportions harmonieuses entre les éléments de pile et les espaces qui les séparent. Elle permet d'envelopper au plus juste et deux par deux des points d'appui également, ou à peu près également, espacés.

Il est bien entendu que les conclusions qui précèdent ne sont valables que dans l'exemple choisi ; il ne faudrait pas en faire une loi générale.

Nous rappelons que les considérations ci-dessus n'intéressent que les proportions de masse ; il est entendu que les recherches de formes sur les éléments restent à faire dans chaque cas particulier.





## CULEES

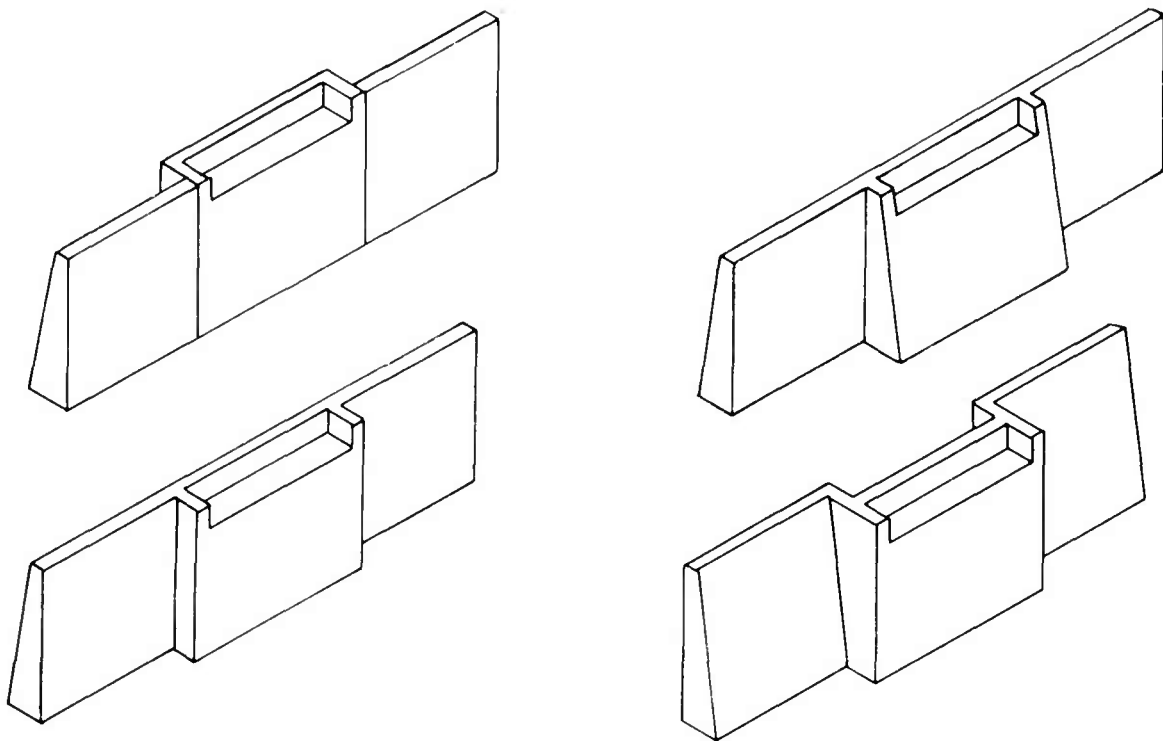
La culée est un ensemble de murs destinés à porter les abouts des tabliers et à retenir les terres. Elle est composée d'un mur de front et de murs latéraux, ces derniers pouvant être en aile ou en retour.

La culée est un élément de transition entre le tablier et les terrassements d'accès; sa forme tiendra compte à la fois du tracé en plan de l'ouvrage et du modelé de ces terrassements ; il en résulte que chaque culée est un cas d'espèce.

### Ouvrages à travée indépendante .

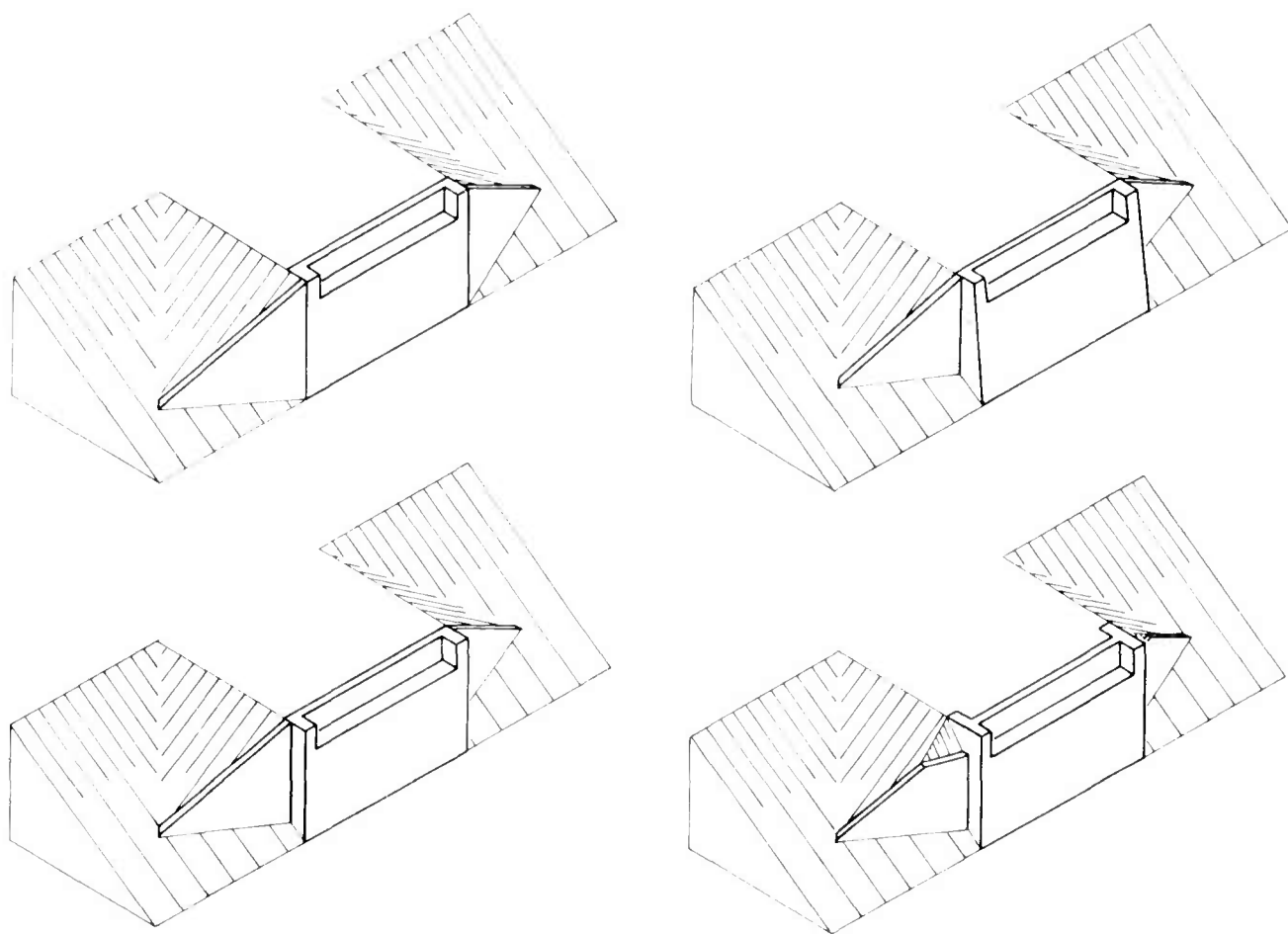
Les culées évitent un allongement excessif du tablier ; les murs latéraux peuvent être en aile ou en retour.

— Si la voie inférieure est en tranchée, c'est-à-dire comprise entre deux murs de soutènement, on évitera autant que possible de confondre en un même alignement le mur de front de la culée et les murs de soutènement de la tranchée ; murs de front de la culée et murs de soutènement pourront être verticaux ; un contraste pourra être créé en jouant sur le fruit des murs.



— Si la voie inférieure est comprise entre deux talus de déblai les murs latéraux seront généralement en aile. Cette solution économique semble avoir le mérite supplémentaire d'offrir une transition agréable entre la voie inférieure en déblai et l'ouverture de l'ouvrage ; les murs en retour, au contraire, produiraient un effet d'obstacle.

Les murs en aile seront implantés suivant la règle définie au chapitre relatif aux ponts cadres et portiques ; ils pourront être dans le prolongement du mur de front de la culée ou en décrochement vers l'arrière. Cette dernière disposition s'accommode d'un mur de front vertical ou à léger fruit ; elle ne sera applicable qu'en présence d'un biais modéré, sinon une des parties en retour du mur de front serait en forme de dièdre aigu, ce qui est à éviter à tout prix.



On essaiera en outre de dégager le tablier en limitant la hauteur initiale des murs en aile ; cet arrangement, valable pour les différents aménagements cités ci-dessus, conduira à maintenir presque constante sur une certaine longueur la hauteur de ces murs en aile et à prévoir une amorce de mur en retour (cf. chapitre des ponts cadres et des portiques).



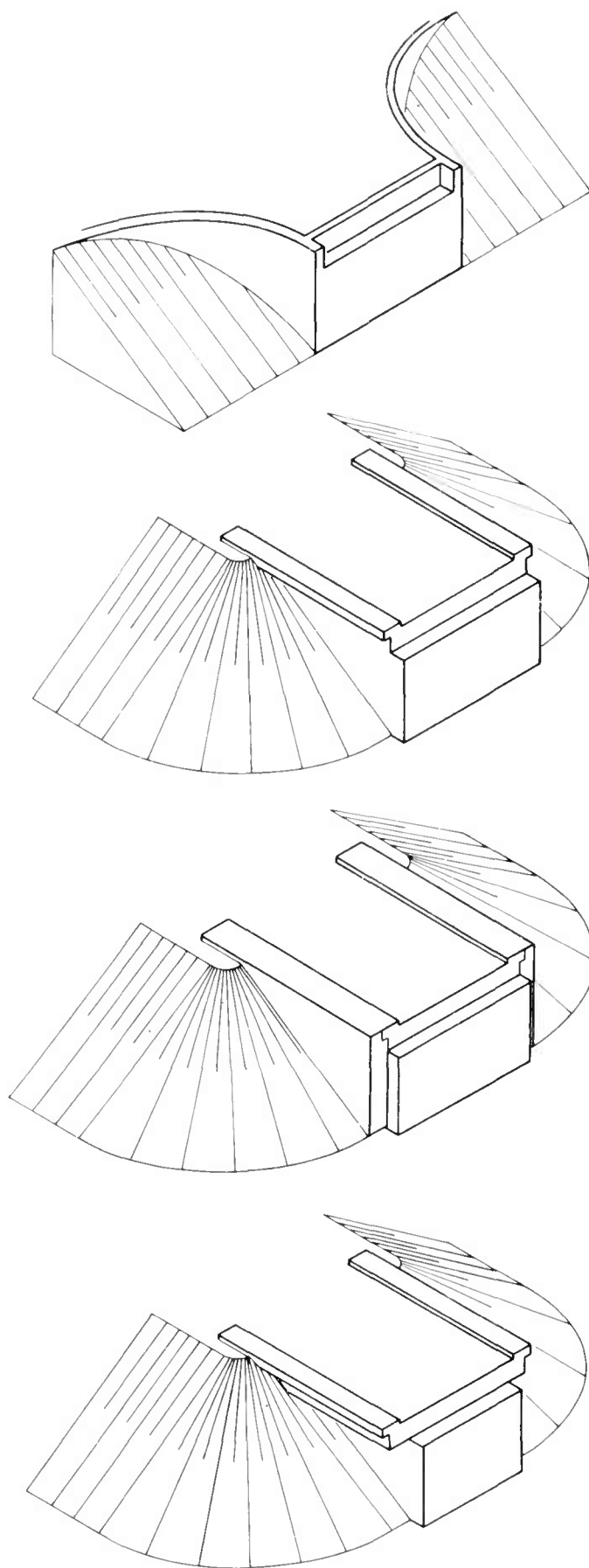
Dans certains cas exceptionnels, on pourra être amené à prévoir des dispositions particulières pour l'implantation des murs. A titre d'exemple, prenons le cas d'une culée située à proximité immédiate d'un carrefour : les murs latéraux en retour seront implantés suivant une courbe, et il sera alors souhaitable d'amorcer la courbure à proximité du mur de front mais un peu en arrière, de façon à réserver sur une certaine longueur un retour parallèle à l'axe de l'ouvrage.

— Si la voie inférieure est au niveau du terrain naturel, les murs en retour offrent la transition la plus heureuse entre le tablier et la masse des remblais d'accès. Ils soulignent par leur implantation le mouvement horizontal créé par les remblais. Pour les raisons déjà exposées au chapitre des ponts cadres et des portiques, dans le cas d'ouvrage très biais ou en pente on recourra néanmoins à la solution des murs en aile.

Les murs en retour pourront être dans le prolongement des joues de la dalle ; la corniche du tablier sera prolongée sur toute la longueur des murs. Ils pourront aussi être disposés en saillie par rapport aux joues de la dalle ; leur couronnement sera traité tout différemment. Ils pourront enfin être en retrait par rapport aux joues de la dalle ; on rappellera la forme du tablier par un encorbellement qui régnera sur toute la longueur des murs.

Dans tous les cas, la face vue du mur de front pourra être verticale ou comporter un fruit, positif ou négatif suivant la nature de la liaison avec le tablier.

Lorsque l'ouvrage est de grande largeur, s'il est possible d'alléger les appuis intermédiaires en multipliant les éléments d'appui, la culée, elle, reste monolithique et, de ce fait, devient lourde ; il est alors possible d'en rompre la monotonie par un traitement approprié des parements ( cf. chapitre relatif aux parements).



## Ouvrages à plusieurs travées

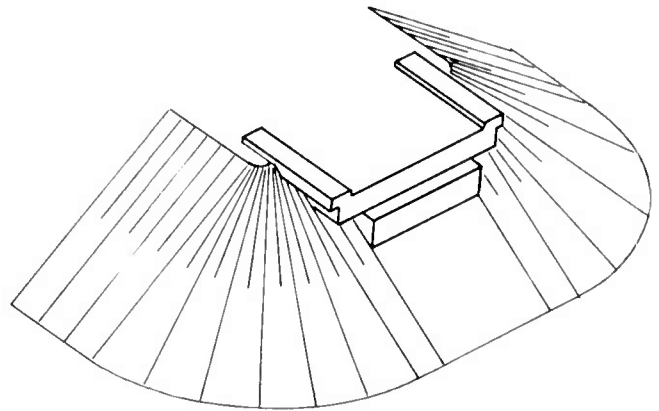
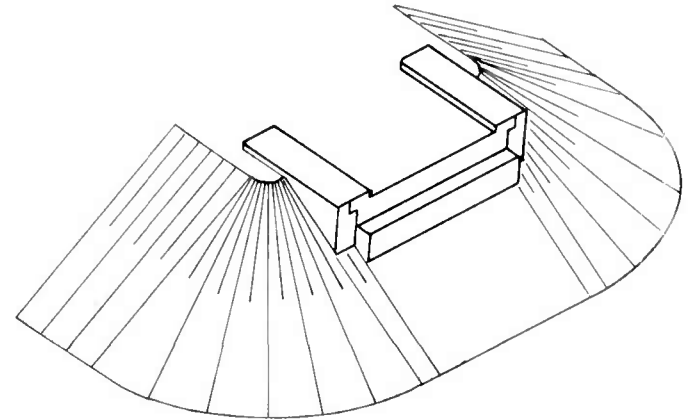
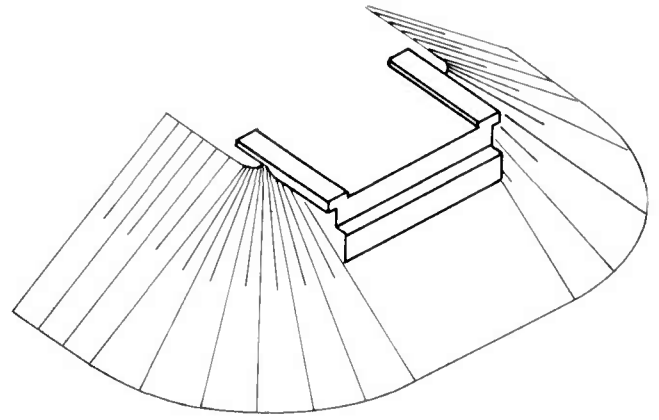
Les culées s'imposent plus rarement.

Dans le cas des voies inférieures en tranchée, on adoptera les solutions préconisées pour les ouvrages à travée indépendante.

Dans le cas des voies inférieures entre talus de déblai ou au niveau du terrain naturel, on essaiera au contraire d'élargir les ouvertures dans les ouvrages à 2 travées ; certaines structures comme la dalle élégie s'accommodent de l'accroissement de portée qui en résulte. Dans les ouvrages à 3, 4 travées et plus, la culée est remplacée par une travée de rive.

Dans tous les cas, il est néanmoins recommandé de prévoir de petites culées, qui contribueront à améliorer l'aspect général de l'ouvrage en montrant les appuis d'extrémité, ce qui évite l'impression fâcheuse d'un tablier reposant sur le talus. Les murs en retour de ces petites culées pourront être dans le prolongement des joues de la dalle, dans un plan en saillie ou en léger retrait. Le mur de front pourra être vertical ou comporter un léger fruit.

Lorsque, pour des raisons très particulières, il sera nécessaire de prévoir une culée avec murs en retour – rampe d'accès avec murs de soutènement par exemple – on adoptera les solutions proposées précédemment (p.59).



## PROFIL LONGITUDINAL D'ÉPAISSEUR CONSTANTE ASSOCIÉ A UN PROFIL TRANSVERSAL AVEC ENCORBELLEMENTS

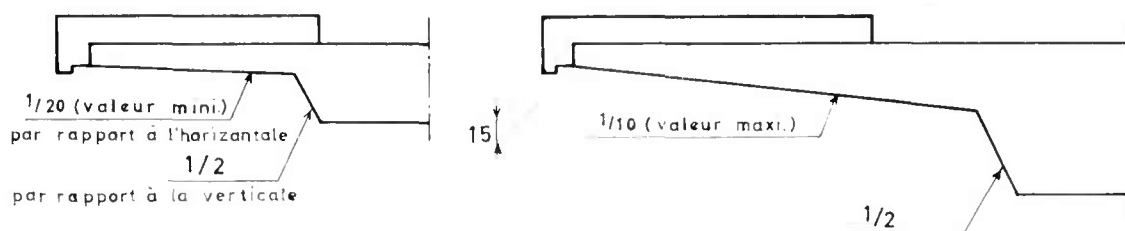
L'encorbellement donne de la légèreté à l'ouvrage, car la joue de la dalle est en retrait et dans l'ombre.

L'encorbellement doit être traité sous forme de plans nets et bien tranchés ; on doit discerner nettement les deux plans qui le composent : sa sous-face et la joue de la dalle ; leurs profils doivent se compléter harmonieusement.

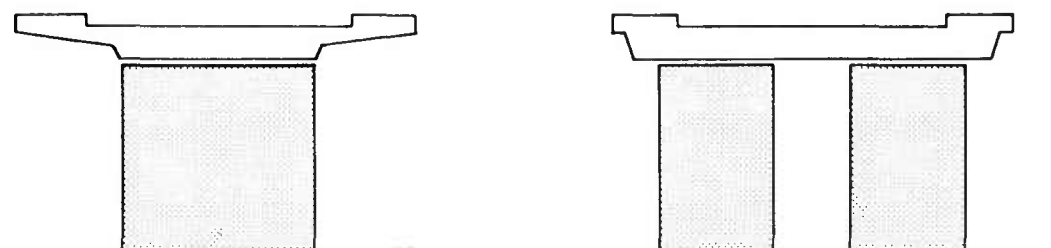
L'inclinaison de la sous-face doit avoir une valeur telle qu'elle réserve une section suffisante pour l'encastrement tout en laissant bien apparente la joue de la dalle. Pour ces raisons, et compte tenu d'une épaisseur d'au moins 15 cm à prévoir à l'extrémité, la valeur de son inclinaison par rapport à l'horizontale sera le plus souvent comprise entre  $1/20$  et  $1/10$ , suivant la largeur de l'encorbellement et l'épaisseur de la dalle. Dans tous les cas il faudra veiller à proportionner la largeur de cet encorbellement à la largeur et à l'épaisseur du tablier ; cette largeur, limitée à 1,50 m pour les faibles portées, peut atteindre 3 m pour des portées de 25 m ; en outre cette largeur ne devra pas excéder le quart de la largeur totale du tablier.

La joue de la dalle sera de préférence inclinée, la valeur de son inclinaison par rapport à la verticale étant voisine de  $1/2$ .

Les schémas ci-dessous illustrent deux cas extrêmes qui peuvent se présenter : encorbellement de faible largeur associé à un tablier mince et encorbellement de grande largeur associé à un tablier épais.



Du seul point de vue de l'esthétique, l'encorbellement met en valeur les tabliers de grande largeur dont les portées dépassent 18 m. Dans certains cas, l'encorbellement permet de réduire le nombre des éléments des piles ; citons pour exemple le cas d'un ouvrage de 10 à 12 m de largeur biaise dans lequel l'encorbellement permet d'adopter un élément unique pour les piles.



## CORNICHE

La corniche sera verticale ou légèrement inclinée (le fruit ne dépassant pas alors 1/5) de façon à limiter le nombre total des plans qui constituent le profil du tablier ; sa hauteur sera imposée par l'épaisseur de la dalle à l'extrémité de l'encorbellement.

## PILES

Les éléments des piles d'un pont dalle d'épaisseur constante avec encorbellements ne doivent pas être en retrait par rapport aux joues de la dalle.

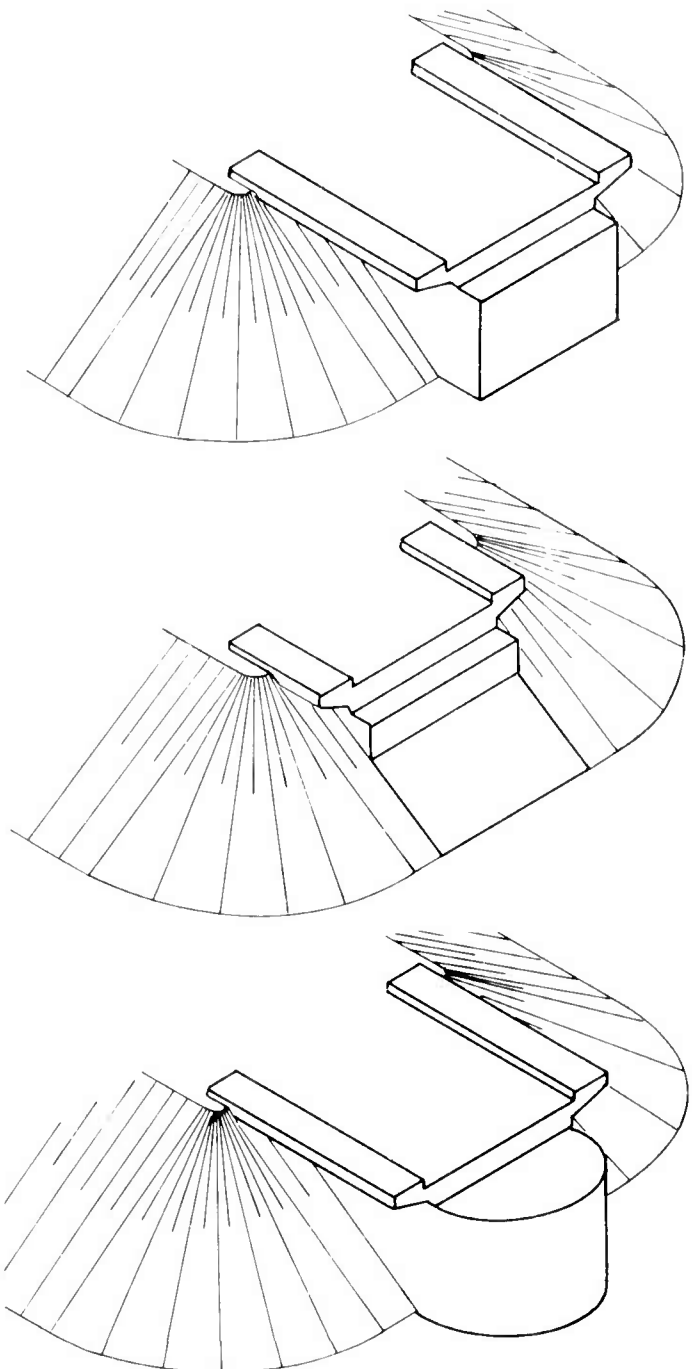
On recherchera un équilibre entre les volumes constitués par les appuis et le tablier, on étudiera le rythme entre les pleins et les vides et on choisira la forme des éléments.

On se reportera pour ces études aux observations développées dans les pages précédentes.

## CULÉES

On affirmera le parti d'encorbellement pour éviter de briser la forme élancée du tablier ; on disposera les murs latéraux, autant que possible en retour, dans le prolongement de l'arête inférieure des joues de la dalle sans cependant mettre en encorbellement une partie de la chaussée, pour des raisons techniques de tenue de celle-ci. La culée sera vue en totalité ou en partie. Ce sera le nombre de travées ou la portée de l'une des travées de rive qui en décidera.

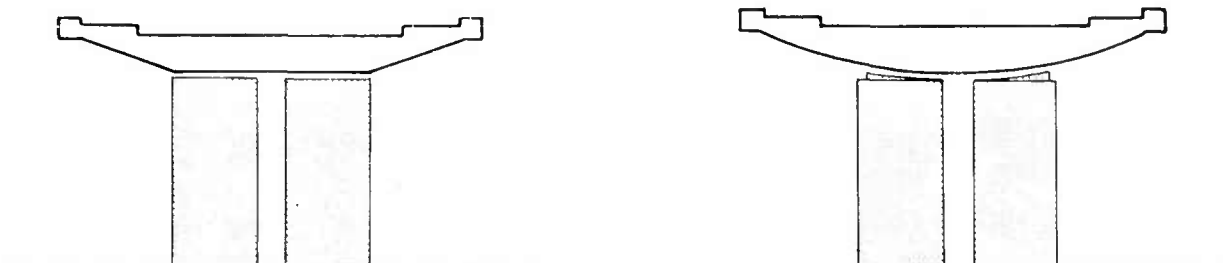
Dans certains cas spéciaux (viaducs, ouvrages très biais – éventuellement courbes – et de faible largeur ...) on pourra envisager une culée courbe. En présence d'un biais prononcé, cette solution évitera les angles aigus formés par le mur de front et l'un des murs en retour. La partie frontale cylindrique sera encadrée par deux parties planes.



## PROFIL LONGITUDINAL D'ÉPAISSEUR CONSTANTE ASSOCIÉ A UN PROFIL TRANSVERSAL VARIABLE

La multiplicité et la diversité des plans dus aux encorbellements peuvent être évitées en faisant varier continûment le profil transversal de la dalle.

Ce profil peut se présenter sous la forme d'une ligne brisée comportant une partie centrale horizontale ou encore sous la forme d'un arc très tendu, ce dernier profil est parfois appelé profil «bateau» : cette structure sera spécialement réservée aux ouvrages urbains. La première relève, dans certaines limites, des méthodes d'études standardisées, la seconde ne peut être étudiée actuellement par les méthodes standardisées.



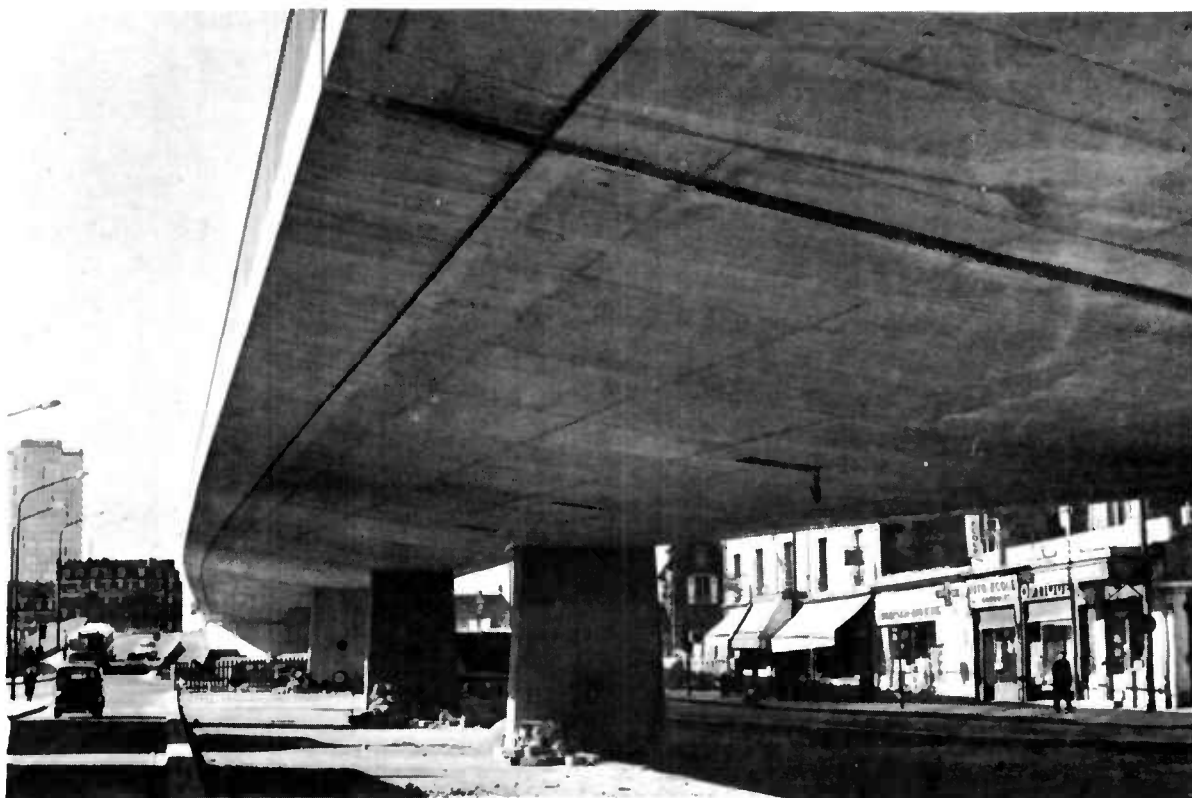
### CORNICHE, PILES, CULÉES (cf. pages précédentes)

La corniche sera verticale ou légèrement inclinée.

Le profil transversal variable convient principalement aux profils transversaux de petite ou de moyenne largeur. Les piles seront généralement à élément unique ou au nombre de deux. Nous ne reviendrons ni sur leur volume ni sur leurs proportions.

Les culées seront à murs en retour, vus dans leur totalité ou en partie, et en retrait. Elles pourront comporter des parties courbes qui offriront une transition élégante entre les encorbellements et les talus.

**Page laissée blanche intentionnellement**



## PROFIL LONGITUDINAL D'ÉPAISSEUR VARIABLE

Rappelons tout d'abord que l'emploi d'un profil longitudinal d'épaisseur variable s'impose lorsque la portée devient grande.

Le profil longitudinal d'épaisseur variable est particulièrement mis en valeur dans les ouvrages à 2 ou à 3 travées de largeur moyenne, de tirant d'air normal et de profil en long sensiblement symétrique. La forme générale du tablier dépend à la fois de son profil longitudinal et de son profil transversal.

Plusieurs solutions peuvent être envisagées en ce qui concerne le profil longitudinal de l'intrados (cf. croquis page 44) :

- intrados avec goussets sur appuis,
- intrados uniformément variable,
- intrados courbe.

## PROFIL LONGITUDINAL D'ÉPAISSEUR VARIABLE ASSOCIÉ A UN PROFIL TRANSVERSAL SANS ENCORBELLEMENT

Parmi les solutions proposées pour la forme de l'intrados, on retiendra les deux suivantes :

- l'intrados est uniformément variable, et les joues de la dalle sont inclinées ; cette solution est à conseiller dans le cas de profils en long difficiles ;
- l'intrados est rectiligne en section courante et comprend un gousset sur chaque appui intermédiaire

Le plan du gousset peut être confondu avec celui de la joue de la dalle, cette dernière pouvant être verticale ou inclinée ou au contraire avoir une inclinaison distincte de celle de la joue de la dalle, cette dernière étant alors généralement verticale.

La première solution est particulièrement favorable pour les ouvrages destinés à être vus surtout en silhouette ; elle présente l'inconvénient, qui n'est réel qu'à faible distance, de faire zigzaguer en plan l'arête inférieure.

La seconde solution, hybride, est particulièrement intéressante pour les ouvrages larges, car elle permet de réduire la longueur des piles.

### CORNICHE , PILES, CULÉES

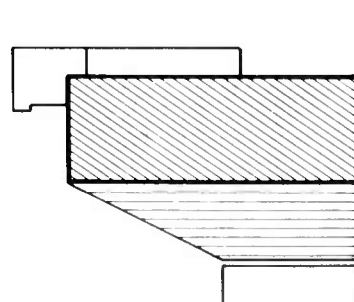
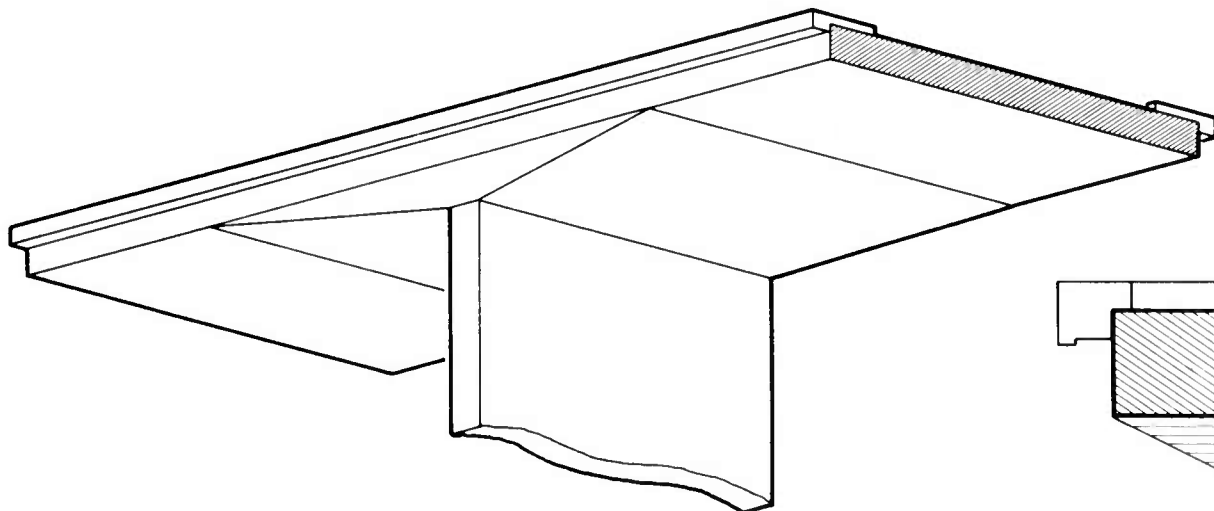
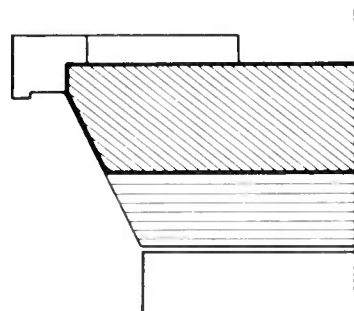
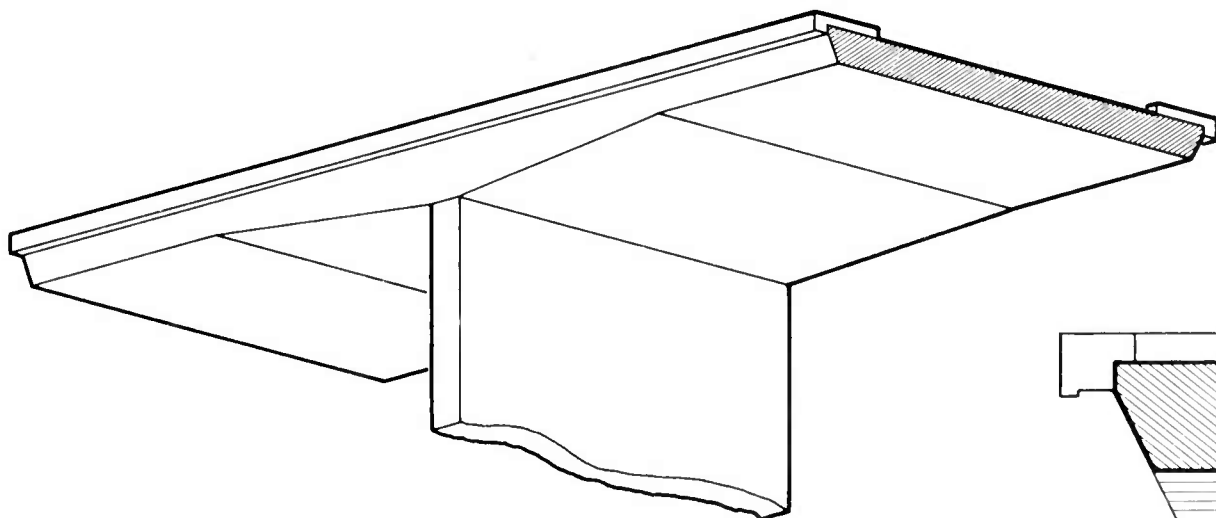
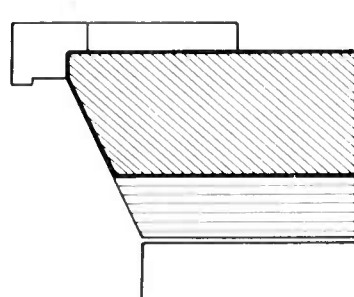
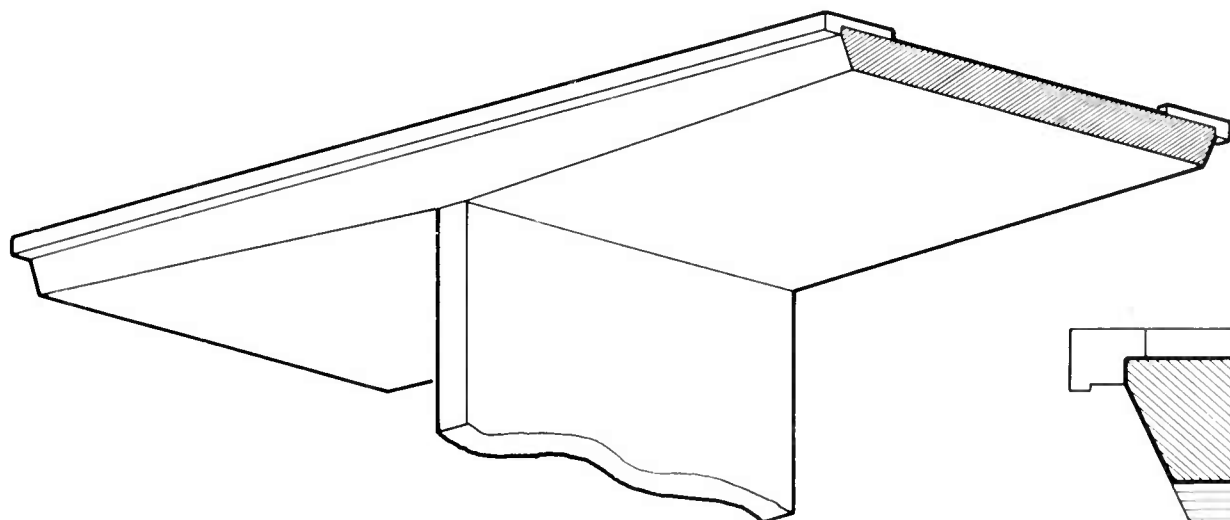
La corniche sera verticale si les joues de la dalle sont inclinées.

Les piles, dans les trois solutions, seront à l'aplomb de l'arête inférieure de la dalle : une disposition en retrait produirait une fâcheuse impression en perspective. Elles seront généralement verticales ; un fruit peut être également envisagé, et un dessin sera alors nécessaire pour en juger. Leur épaisseur sera proportionnée à l'épaisseur vue de la dalle sur l'appui.

Si la distribution des portées le permet sans risque de soulèvement d'appui (ce risque se présente presque toujours pour les ponts types à 3 travées), les culées seront en partie vues, ce qui donnera une meilleure assise à l'ouvrage.







## PROFIL LONGITUDINAL D'ÉPAISSEUR VARIABLE ASSOCIÉ A UN PROFIL TRANSVERSAL AVEC ENCORBELLEMENTS

L'encorbellement présente les avantages esthétiques énoncés précédemment.

On étudiera la proportion de l'encorbellement par rapport à la largeur totale du tablier et on retiendra deux solutions pour le profil longitudinal de l'intrados :

- l'intrados est horizontal en section courante et comporte un gousset au droit de chaque appui intermédiaire ;
- l'intrados est courbe.

### CORNICHE, PILES, CULÉES

Dans la première solution, l'encorbellement et le profil de la dalle pourront avoir les inclinaisons déjà proposées (cf. p. 61). La corniche sera verticale ou légèrement inclinée et sa hauteur sera imposée par l'épaisseur de l'encorbellement en son extrémité.

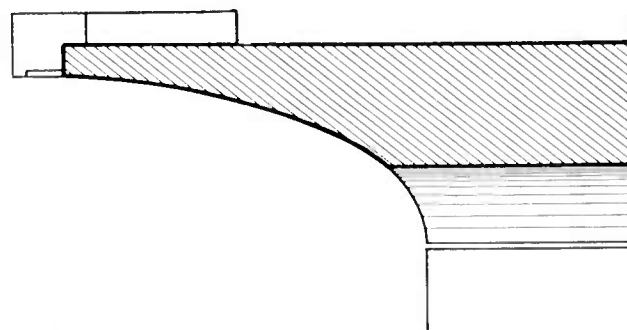
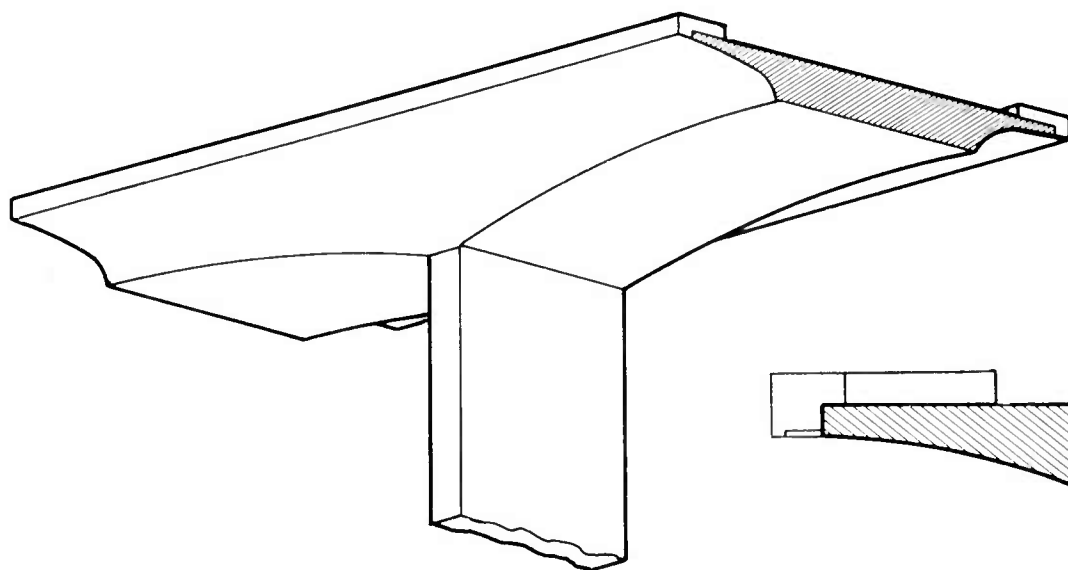
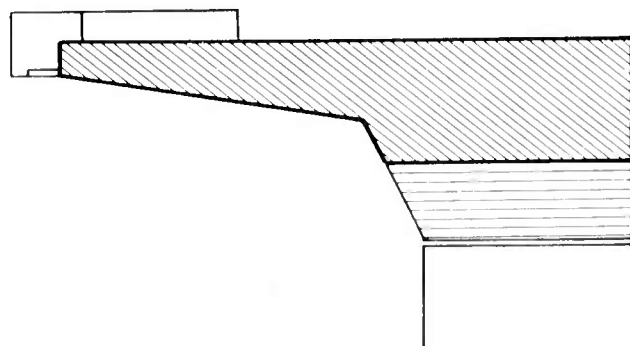
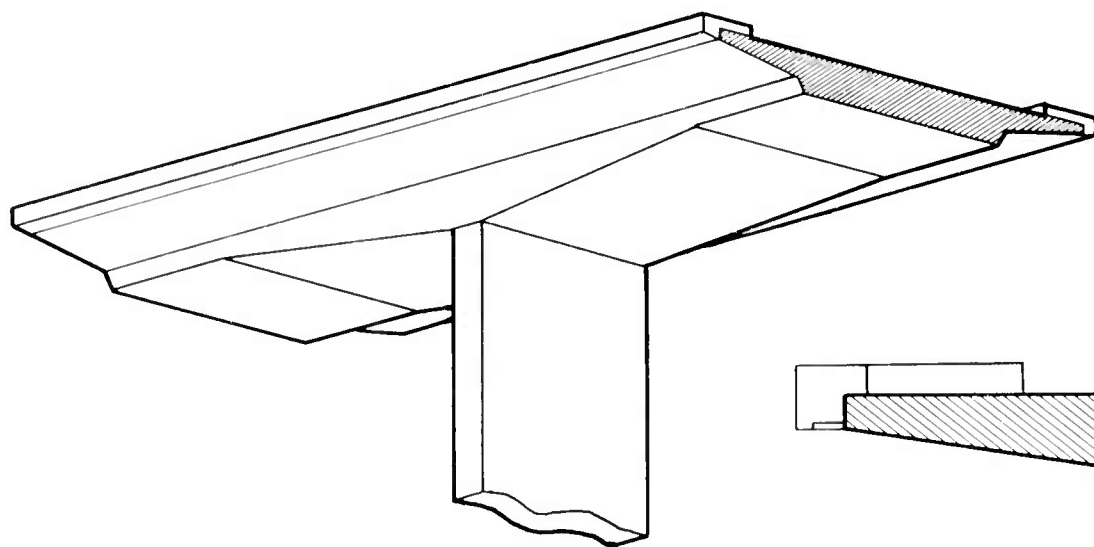
Dans la deuxième solution les joues de la dalle auront une forme concave, en harmonie avec celle de l'intrados. La corniche sera verticale.

Les piles, dans les deux solutions, seront généralement à élément unique. Comme dans le cas du profil transversal sans encorbellement, leurs extrémités viendront à l'aplomb de l'arête inférieure.

Leurs faces pourront être verticales ou à fruit positif ; leur largeur sera proportionnée à l'épaisseur vue de la dalle sur l'appui.

Les culées seront en partie vues si la distribution des portées le permet (cf. p. 62) ; l'encorbellement du tablier sera prolongé sur les culées sans cependant mettre en encorbellement une partie de la chaussée (cf. p. 62).





## LES PONTS-DALLES DE SAUT-DE-MOUTON STANDARD

Dans le cadre de la préparation du dossier-pilote MRB-BP 70\*, nous avons étudié sur le plan de l'esthétique les franchissements de type «saut-de-mouton standard» ; nous présentons ici l'essentiel des résultats acquis, étant entendu que ces recherches appliquées à un type d'ouvrage particulier doivent être progressivement étendues à l'ensemble des autres ouvrages types.

### LES SAUTS-DE-MOUTON STANDARD

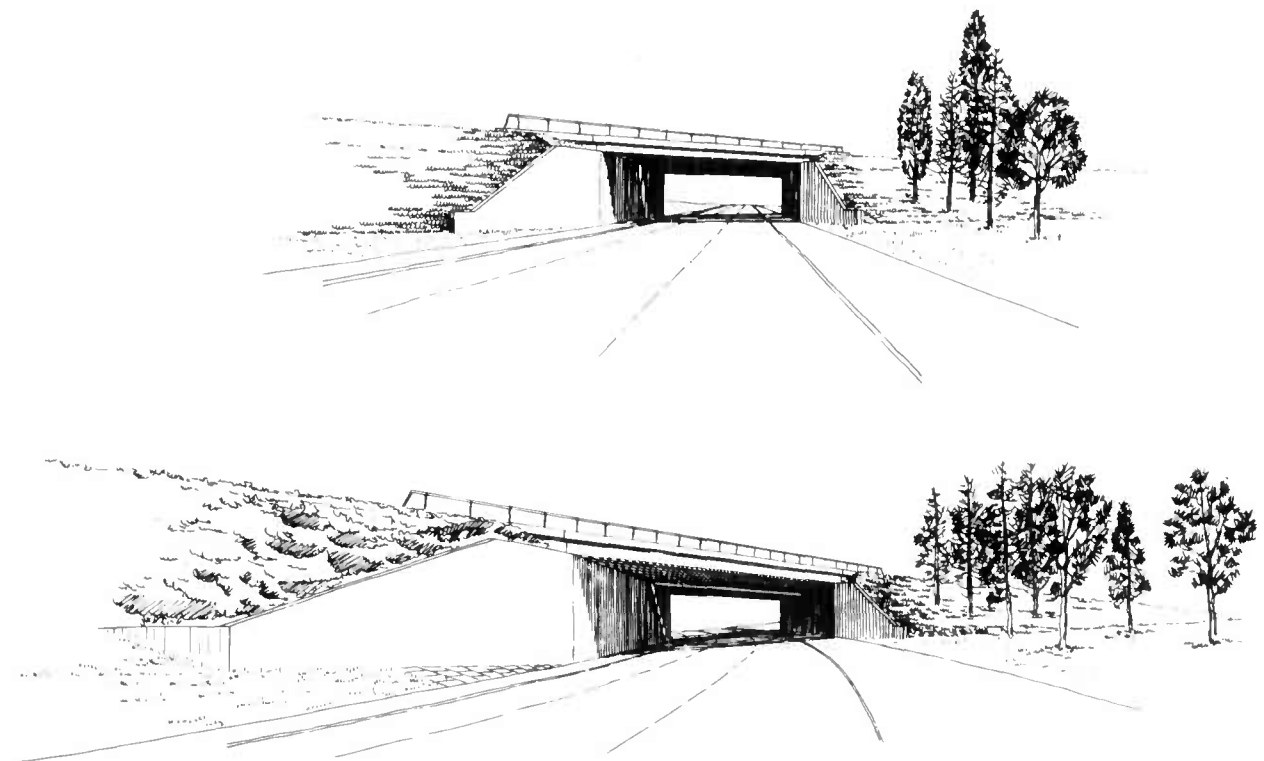
L'ouvrage du type «saut-de-mouton standard» permet le raccordement d'une autoroute à une autre voie par l'intermédiaire d'une bretelle ou encore l'éclatement d'un tronc commun d'autoroute en deux autoroutes distinctes.

Un franchissement de ce type est caractérisé par :

- une travée unique,
- un biais accusé,
- une largeur importante du tablier, lequel est amené le plus souvent à porter une autoroute du type I,
- une courbure accentuée du tracé en plan de la voie inférieure et, de ce fait, un dévers accusé de la chaussée correspondante.

Le dossier-pilote recommande tout d'abord au projecteur de conformer l'angle de biais à une des deux valeurs normalisées suivantes : 50 ou 35 grades.

\* épuisé non réédité.



### Les éléments constitutifs

Les éléments constitutifs d'un ouvrage en saut-de-mouton standard sont les suivants :

- deux tabliers accolés à travée unique, traités en dalle pleine de béton précontraint ;
- un mur d'appui à chaque extrémité du tablier ;
- quatre murs de tête indépendants des murs d'appui.

A noter que les deux premières catégories d'éléments sont imposées : leur forme et leur implantation sont liées aux caractéristiques géométriques du franchissement et les possibilités de recherches d'esthétique sont limitées au profil transversal de la dalle et de la corniche, aux proportions de cette dernière, aux parements des murs de front.

Seuls les murs de tête peuvent faire l'objet d'un choix : murs en aile, murs en retour ou solution mixte ; on étudiera leur morphologie et l'implantation des murs en aile.

### LES ÉTUDES D'ESTHÉTIQUE SUR UN EXEMPLE D'APPLICATION –

Le dossier-pilote traite de façon approfondie l'exemple d'application suivant : le franchissement sous un angle de 35 grades, par une autoroute du type 1, d'une chaussée unidirectionnelle de sortie. La largeur droite dégagée sous l'ouvrage est de 16,50 mètres, le rayon en plan de la voie inférieure est de 800 mètres ; le dévers de la chaussée est de 6 % ; le gabarit dégagé est de 4,85 mètres.

#### 1. La définition d'une intention esthétique

Comme il est dit au chapitre II de la première partie, nous nous attacherons à soigner l'ouvrage selon le point de vue de l'utilisateur de la voie inférieure ; celui-ci, venant de quitter le tronc commun par une voie en pente et en courbe, aperçoit l'ouvrage dans un virage et s'engage dans le remblai de la voie supérieure sous un biais accusé. L'intention consiste à rendre engageante la pénétration du remblai en dégageant les parties hautes de l'ouvrage et en minimisant l'effet de couloir.

#### 2. Le choix du parti

Le dossier-pilote MRB-BP 70\* développe l'inventaire des solutions envisageables pour les franchissements exceptionnels par leur biais ; dans le cas de l'exemple, il sera dit que la solution du Saut-de-Mouton Standard s'impose à tous points de vue : technique et économique.

Reste à définir le choix des murs en tête en fonction de l'intention esthétique. Les inconvénients attachés au choix des murs en retour, lorsque l'ouvrage est biais, sont développés au chapitre des Ponts-Cadres, page 33. Les murs en aile correspondent à la solution technique certainement la plus simple, ils vont dans le sens de la meilleure économie et, du fait de leur orientation, ils répondent à l'intention esthétique. On réduit l'effet de paroi et on dégage l'ouvrage en arasant les murs au niveau des appareils d'appui du tablier, sur une longueur qui est définie aux plans ci-joints.

\* épuisé non réédité.

## Pl. IV. 3

L'aménagement des talus conduit à prolonger les joues de la dalle et la corniche sous forme d'une partie en console sur les murs de front.

### 3. La mise en proportion des murs en aile et les études de détail

Un ouvrage de ce type ne se prête vraiment pas à des recherches de formes sur les éléments constitutifs.

La mise en proportion des murs en aile se fera très simplement en appliquant les règles d'implantation énoncées dans le chapitre des Ponts-Cadres, page 30 ; mais les angles de biais à prendre en compte sont les angles  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  tels qu'ils sont figurés aux plans.

Les murs en aile, à parements verticaux, se raccorderont sans décrochement aux murs de front. Ils se termineront à leur partie inférieure par un replat ; on minimisera la longueur du mur de gauche en orientant la partie en replat parallèlement à l'autoroute.

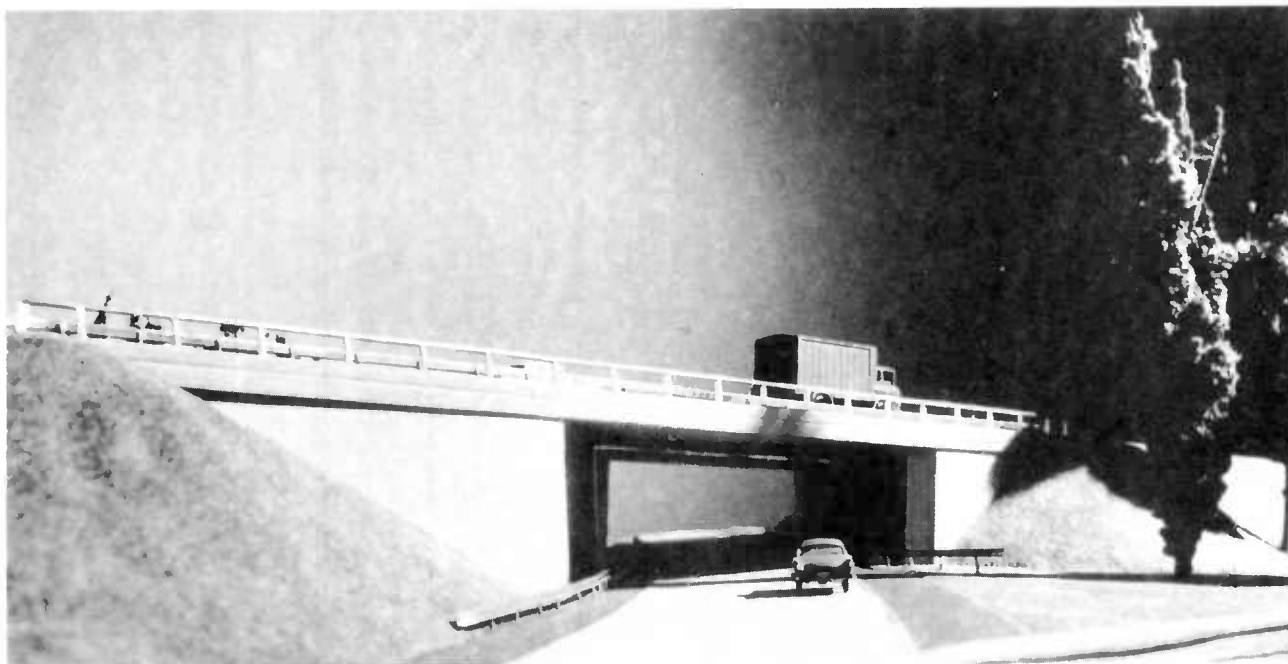
Les rampants seront supprimés et l'écoulement des eaux sera assuré vers le talus par une inclinaison du faîte des murs.

Les parements des murs en aile et des murs de front seront bruts de décoffrage ; on rendra moins monotone les murs de front en les agrémentant de rainures à dominante verticale (cf. chapitre des Parements).

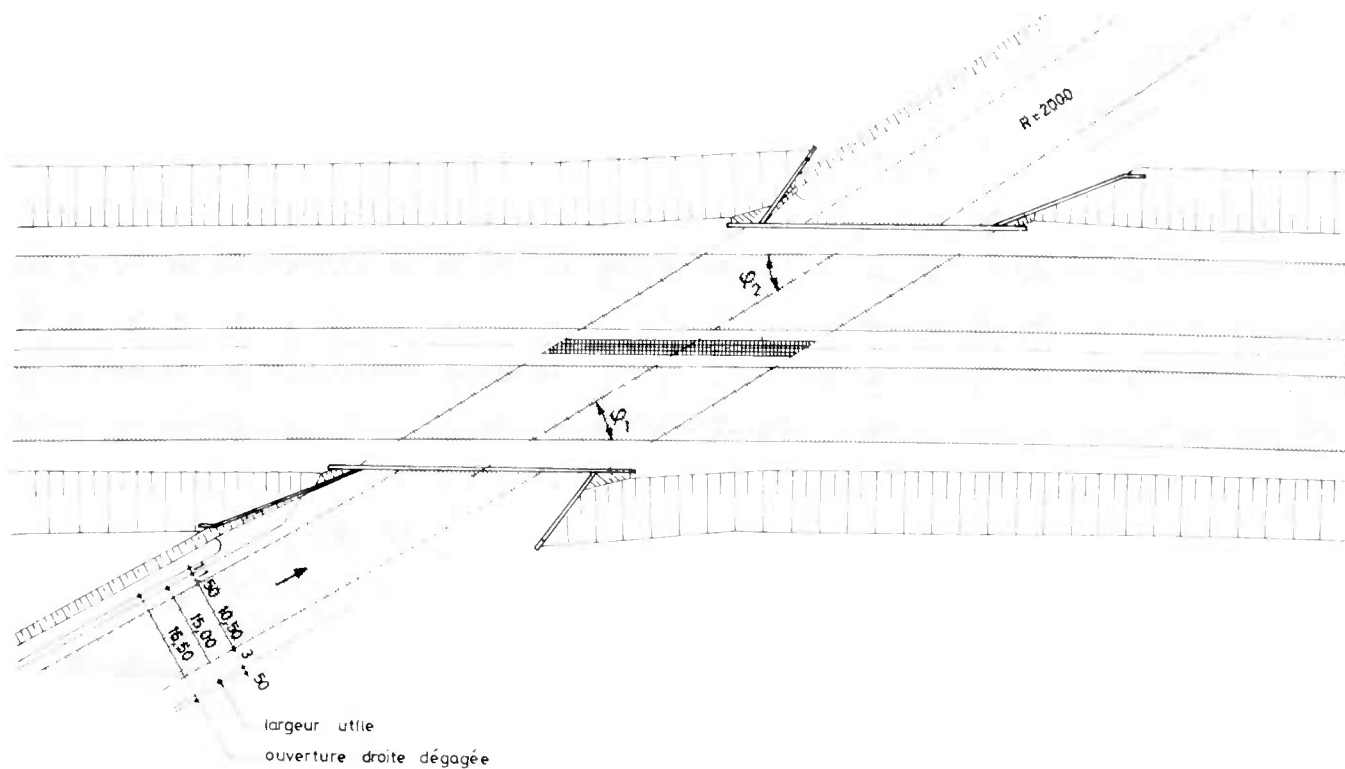
Si les joues du tablier sont inclinées, la partie en console le sera aussi. La corniche sera verticale, de préférence. On trouvera page 47 quelques conseils sur les proportions à donner à ces deux derniers éléments.

Sous autoroute, on retiendra le garde-corps du type 1 4.

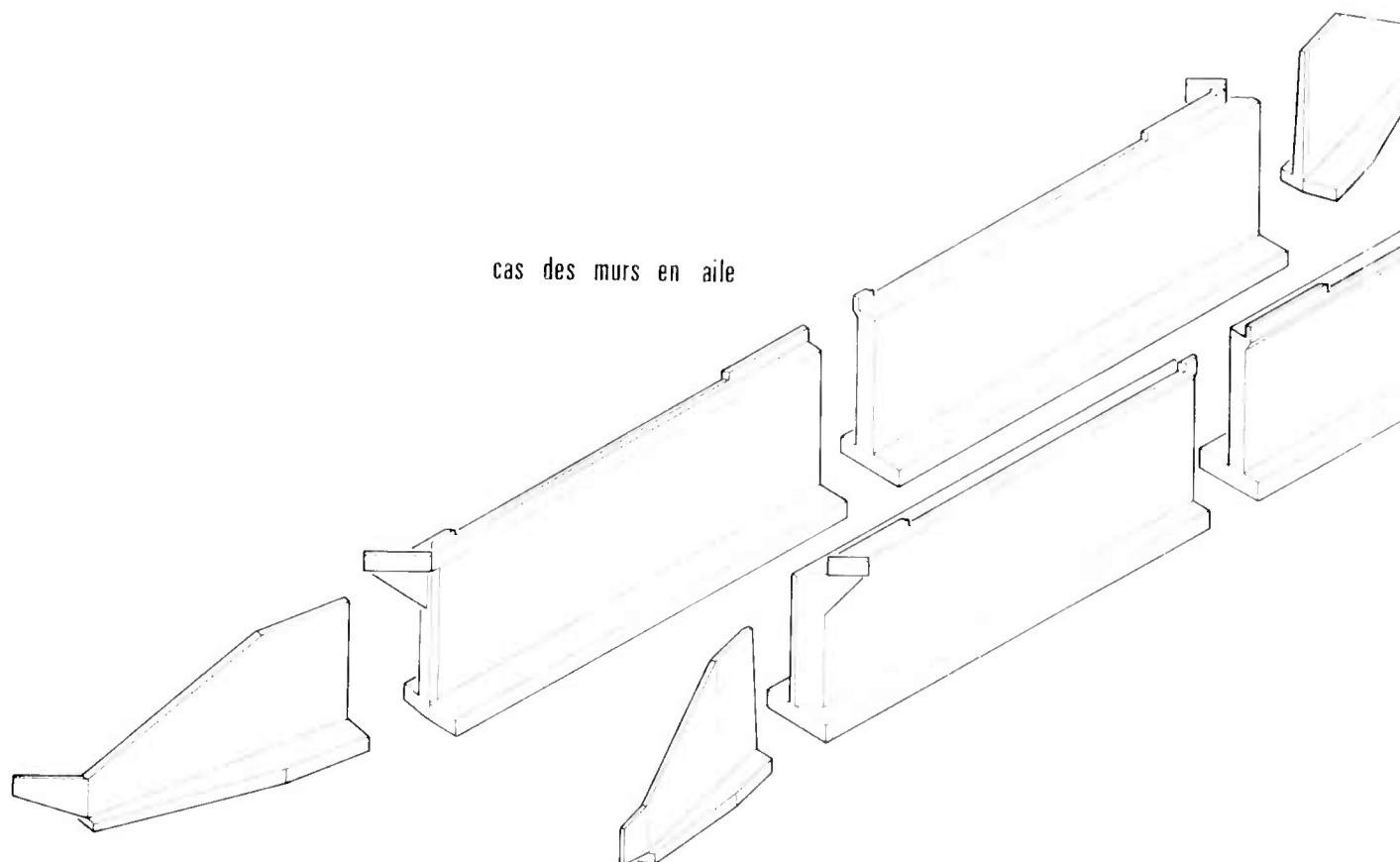
Les planches qui suivent sont extraites du dossier-pilote MRB-BP 70 pièce 2.1.1. Notice sur les ponts-dalles biais à travée unique, pièce à laquelle on se reportera pour l'étude complète de la conception des saut-de-mouton Standard.



# Pl. IV.5 PLAN GÉNÉRAL D'UN S.M.S. 6 | 35\1



## STRUCTURE ET MORPHOLOGIE DES MURS

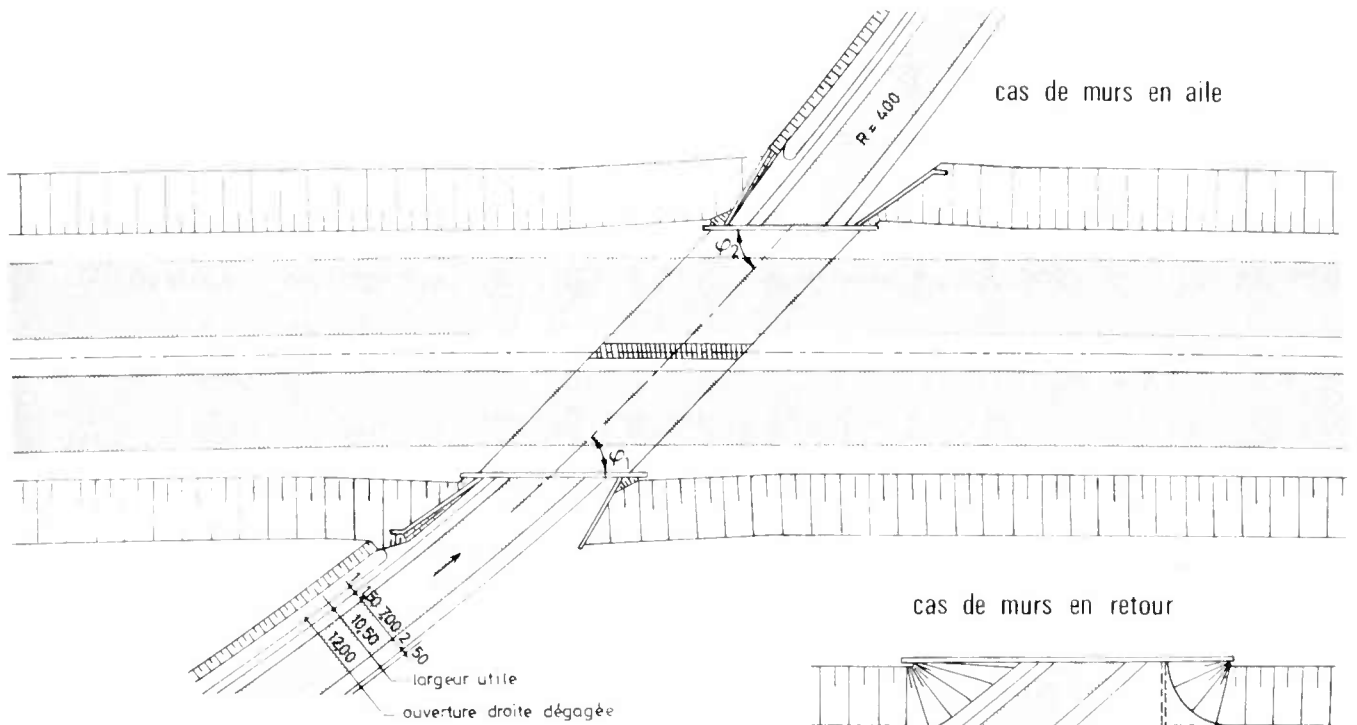




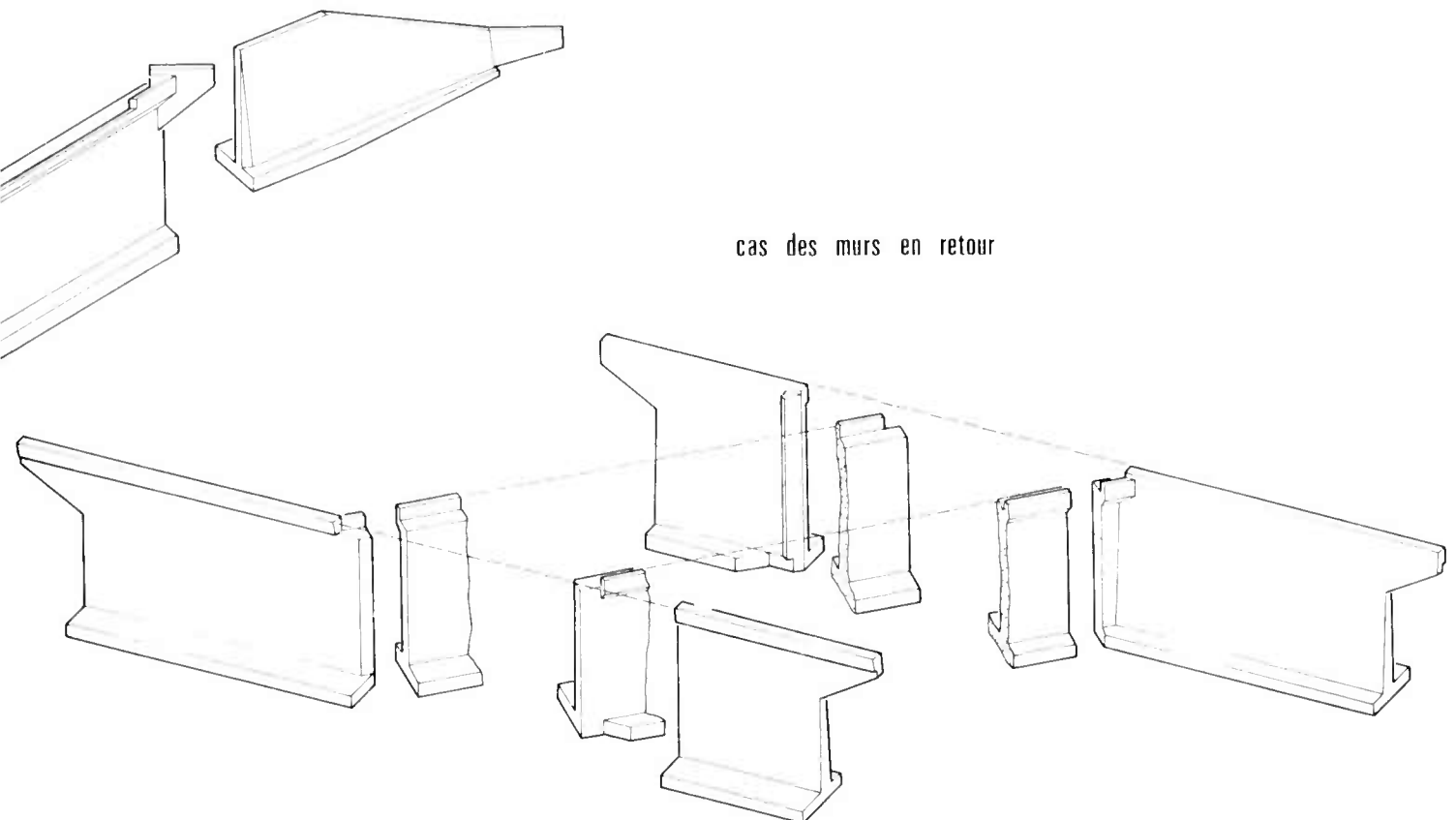
# Pl. IV. 5

PLAN GÉNÉRAL D'UN S.M.S 6V50\11

à niveau



En tirets : mur en aile dans le cas d'une solution mixte



**Page laissée blanche intentionnellement**

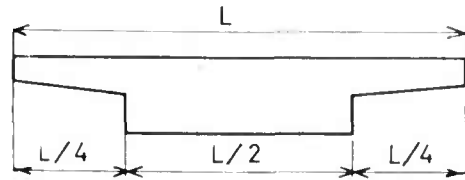
## **C \_ PONTS DALLES À NERVURE(S)**

**Page laissée blanche intentionnellement**

Par opposition aux dalles simples avec encorbellements, il s'agit ici de tabliers de portées relativement importantes ; la nervure est donc épaisse.

Cette structure présente l'avantage par rapport aux ouvrages en dalle simple de s'appliquer à des ouvrages biais et courbes à la fois.

La largeur des encorbellements sera limitée à 3,50 m, sans toutefois dépasser le quart de la largeur totale du tablier.



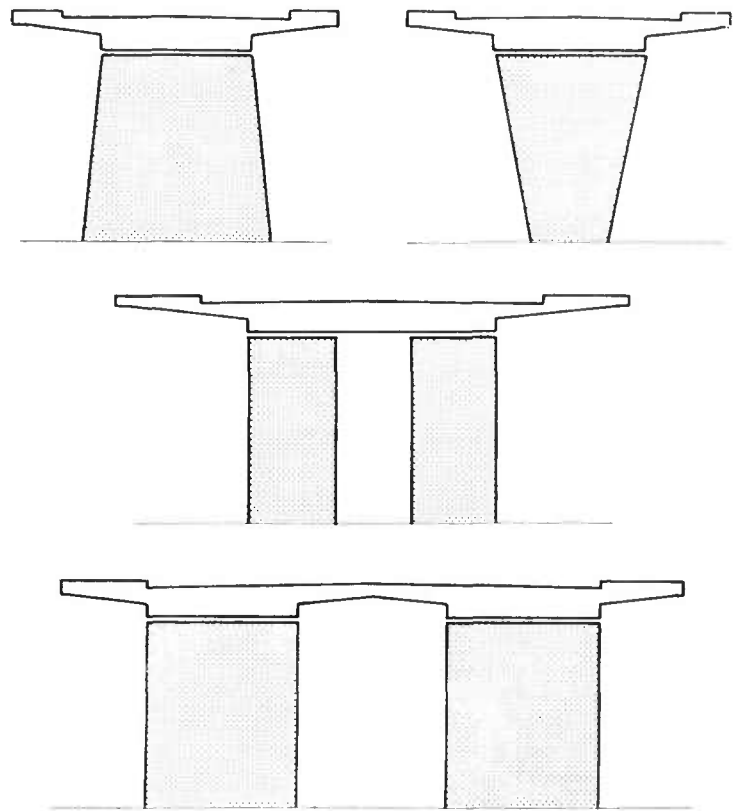
Le profil longitudinal de la nervure sera d'épaisseur constante ou variable ; l'intrados pourra être rectiligne, comporter ou non des goussets sur les appuis intermédiaires, ou encore curviligne.

Le profil transversal des encorbellements sera traité sous forme de droites ou de courbes, ainsi qu'il a été indiqué au chapitre relatif aux dalles simples.

La corniche sera verticale, ce qui l'opposera aux formes fuyantes de l'encorbellement.

Les piles, au nombre de un ou de deux éléments suivant la largeur de la nervure, seront implantées à l'aplomb des joues de cette nervure. Si le tablier est étroit, on veillera à ne pas réduire exagérément la longueur de la pile au sol, ce qui donnerait une impression de déséquilibre. Une longueur accrue au sol sera plus favorable.

Lorsque la plateforme de l'ouvrage est très large on fait parfois appel à une dalle à double nervure ; cette structure impose parfois des proportions malheureuses dans la distribution des pleins et des vides et crée un déséquilibre entre le volume porté et le volume porteur. La solution ci-contre est plus favorable que celle représentée sur la photographie de la page suivante.





Lorsque le biais de l'ouvrage est accusé, la plate-forme de la voie inférieure ne permet pas de construire des voiles perpendiculaires à l'axe de l'ouvrage ; l'appui devient alors concentré et on est tenté d'adopter une solution de facilité qui consiste à choisir des piles tronconiques d'un effet esthétique discutable ; des voiles parallèles à la voie inférieure pourront être esthétiquement plus favorables ; ils poseront techniquement un problème délicat d'implantation des points d'appui et de calcul des effets dus au biais.



Les culées pourront être disposées en retrait, de façon à prolonger les parties en encorbellement (cf. chapitre relatif aux dalles avec encorbellements).

## **D . PONTS À CAISSON**

**Page laissée blanche intentionnellement**



La structure à caisson est souvent utilisée pour des ouvrages de grande portée ; très souvent constituée d'éléments préfabriqués d'une faible longueur, cette structure est particulièrement appréciée dans certains types de franchissements (rivière , vallée encaissée . . .) qui entraînent des difficultés d'échafaudage.



Le profil longitudinal peut présenter des formes analogues à celui d'une structure en dalle ; il peut être d'épaisseur constante ou variable. Le profil transversal peut comporter ou non des encorbellements ; ces derniers sont particulièrement recommandés, tant du point de vue technique qu'esthétique, lorsque le caisson est de grande hauteur.

Le profil transversal des caissons sera déterminant pour l'étude des formes et des proportions de la corniche et des appuis.



## **E \_ PONTS À POUTRES**

**Page laissée blanche intentionnellement**

Les ouvrages à poutres, à l'exception des structures en ossature mixte (OM) à travées solidaires utilisées en passages supérieurs, sont généralement imposés par des circonstances particulières : franchissement de voies ou d'obstacles naturels de largeur importante, ne permettant pas l'implantation d'appuis intermédiaires (rivière, canal, voies ferrées) ou la construction d'échafaudages (franchissements à grande hauteur...).

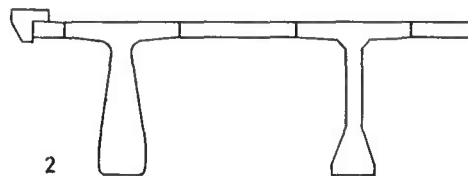
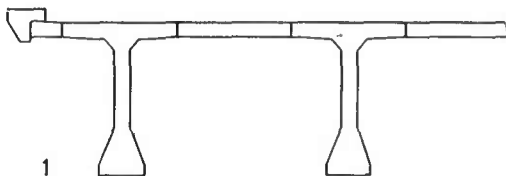
On aura affaire, dans la quasi totalité des cas, à des travées indépendantes uniques ou répétitives (viaducs).

L'élancement de ces structures est nécessairement assez faible, ce qui conduit à des tabliers d'aspect relativement lourd ; cette lourdeur est atténuée par la présence d'encorbellements, qui peuvent être assez importants ; on portera une attention particulière au profil transversal de la poutre de rive et au rapport entre la hauteur vue de la poutre et la largeur de l'encorbellement ; la corniche sera verticale ou légèrement inclinée.

Il faut distinguer ici le cas des poutres en béton armé et des poutres précontraintes : la face vue des premières sera généralement simple, car un talon éventuel pourra le plus souvent être reporté vers l'intérieur, moyennant un tracé bien choisi de la reprise de bétonnage.



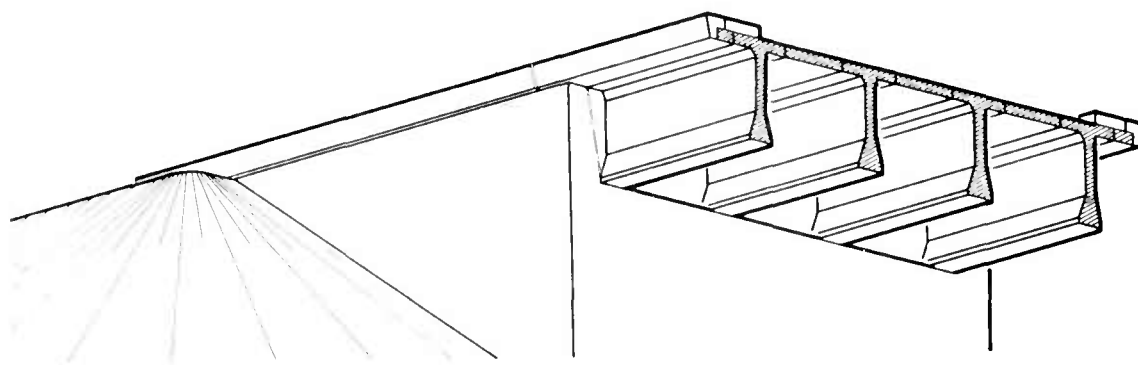
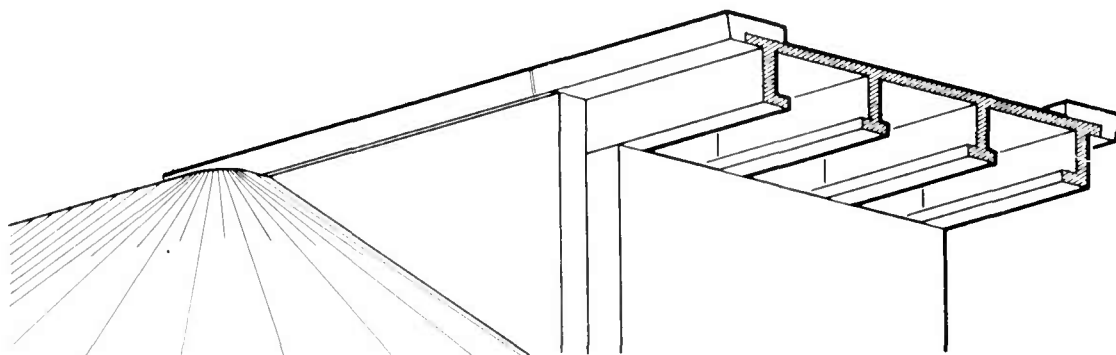
Il en va différemment pour une poutre précontrainte, dont le talon est nécessairement saillant (1) : on peut alors donner à la poutre de rive un profil en «bouteille» (2), mais cette dernière solution présente des inconvénients techniques.



Il y a lieu également de signaler le problème des abouts d'entretoise dans les tabliers précontraints, ceux-ci restant généralement visibles sur la face externe des poutres de rive ; on leur donnera alors une forme sculpturale simple.

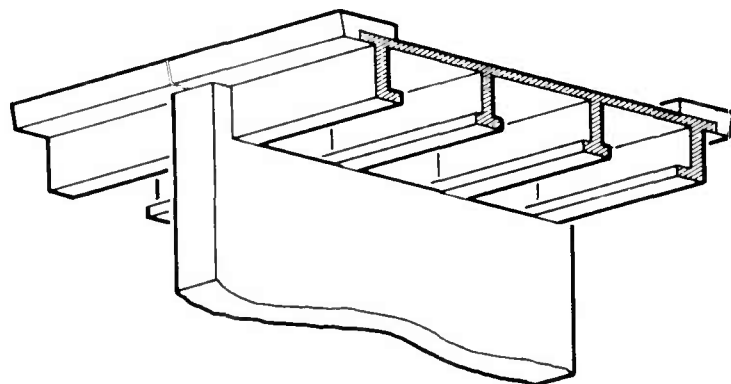
Dans le cas des ouvrages de pente longitudinale notable, en l'absence de prescriptions particulières, l'entrepreneur aura tendance à construire les abouts d'entretoises et les joints entre travées perpendiculaires au profil en long et non verticaux ; ces lignes risqueront alors de mal s'harmoniser avec les lignes verticales des piles et les montants du garde-corps. Il convient donc de s'en préoccuper.

Les appuis extrêmes, quel que soit le nombre des travées, seront le plus souvent constitués par des culées, dont le caractère robuste s'associe bien à l'ouvrage. Les culées auront très généralement des murs en retour qu'on utilisera aussi pour dissimuler l'about du tablier.



Les appuis intermédiaires éventuels, simples et robustes, seront proportionnés à la hauteur vue de la poutre de rive ; on évitera pour les viaducs des piles-marteaux trop grêles, qui ne seraient pas en harmonie avec le caractère du tablier.

Le joint entre deux travées successives peut être masqué en prolongeant la pile au-delà de la poutre de rive et en remontant l'about jusqu'à l'encorbellement ; une étude particulière est alors nécessaire.



## **F\_ PONTS À BÉQUILLES**

**Page laissée blanche intentionnellement**

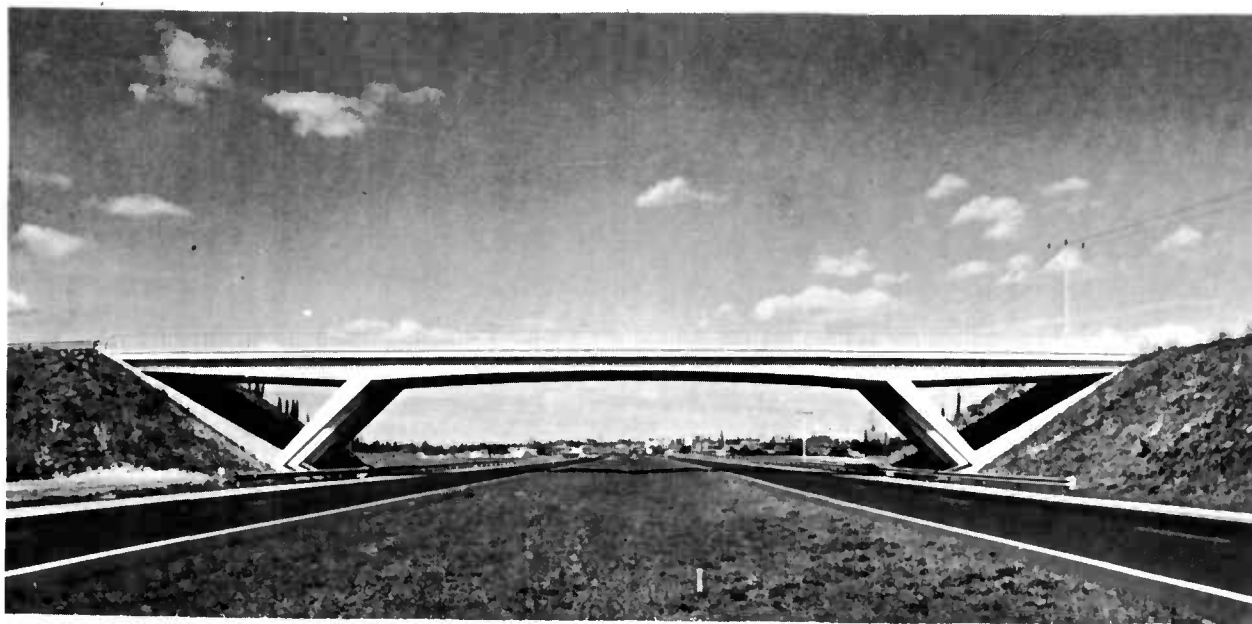


Les ponts à béquilles font partie de ces structures où les divers éléments constitutifs - le tablier, les appuis et les semelles de fondation - sont intégrés. Les appuis sont constitués par des éléments inclinés qui peuvent être des poteaux ou des voiles.

Cette structure, rarement la plus économique, mais dont le coût reste modéré, présente un intérêt esthétique particulier qui conduit à l'adopter en certains points spécialement choisis (cf. dossier-pilote et Catalogue).

L'harmonie générale de l'ouvrage se pose en termes de proportions entre le vide central et celui des travées de rive.

— Dans le cas d'un ouvrage dégageant le gabarit normal, avec des talus de pente d'environ  $2/3$ , les dispositions recommandées au dossier pilote conduisent à des proportions harmonieuses (béquilles inclinées à 50 grades, implantées à la partie inférieure du talus).



— Dans un site en déblai de moyenne importance dont la pente des talus est relativement raide (supérieure à  $1/1$ ), nous déconseillons les structures à béquilles pour leur préférer des tabliers encastrés à une ou aux deux extrémités.



— Dans un site en fort déblai, mais dont la pente des talus est normale (de 2/3 à 1/1), on peut être amené soit à modifier le niveau apparent des pieds des béquilles (cf. première photo), sans toutefois dépasser la limite du tiers inférieur du talus, soit à raidir l'inclinaison de ces béquilles (cf. deuxième photo) ; en ce dernier cas, nous conseillons de ne pas aller au-delà de 30 grades par rapport à la verticale et à adoucir le profil de l'intrados par des tracés courbes.

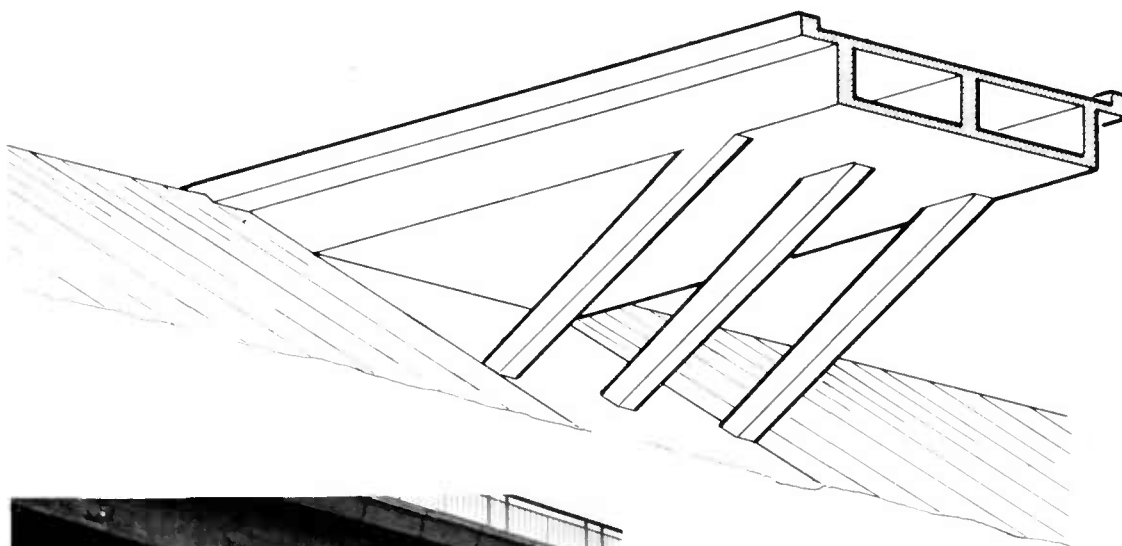
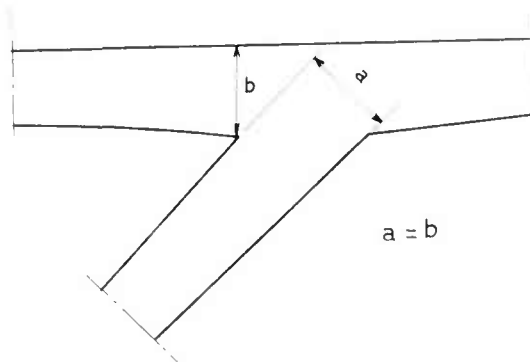
Si ces dispositions conduisent à de mauvaises proportions on pourra envisager, en autre solution, une structure en arc.



Le tablier peut avoir une épaisseur constante ou variable : dans ce dernier cas, l'intrados peut être une ligne brisée ou courbe ; le profil transversal pourra supporter ou non des encorbellements suivant la largeur de la voie portée.

Les béquilles feront l'objet d'une attention toute particulière ; l'examen de réalisations récentes de ce type de structures, tant en France qu'à l'étranger, fait apparaître le plus souvent des appuis-béquilles d'allure grêle.

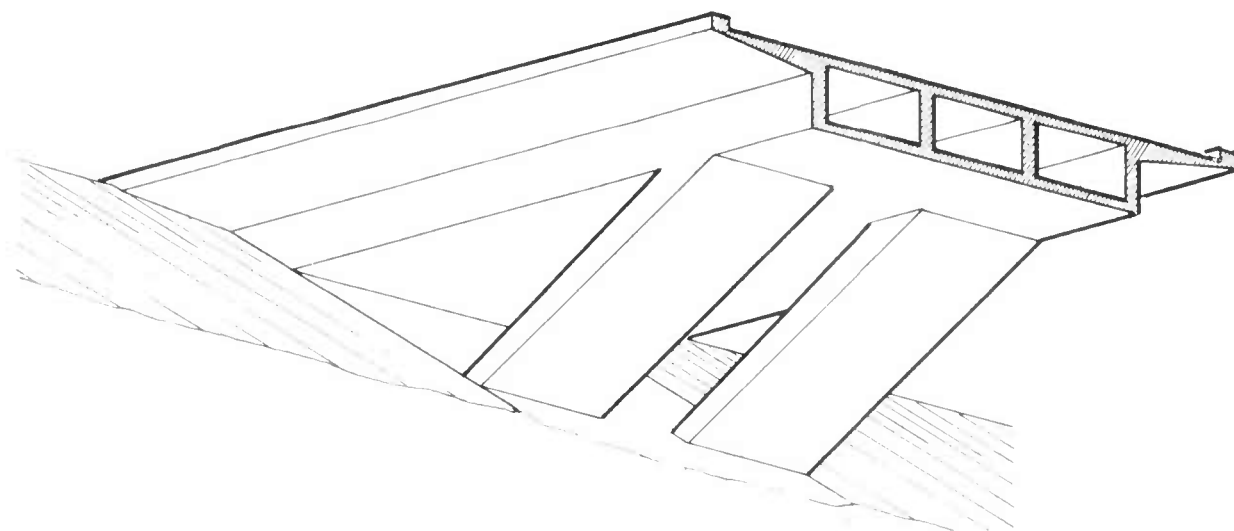
— Si le tablier est étroit, on prévoira de légers encorbellements (cf. dossier-pilote) et l'élément porteur sera constitué de poteaux dont le nombre, pour des raisons esthétiques, sera limité à quatre ; ces poteaux auront une épaisseur décroissante à partir du tablier afin de souligner le fonctionnement en encastrement de la liaison supérieure ; l'épaisseur droite «a» du poteau au niveau de l'encastrement sera sensiblement égale à l'épaisseur «b» du tablier sous la corniche.



— Si le tablier est de largeur moyenne, on pourra prévoir des encorbellements plus importants et chaque bégueille pourra être constituée par un simple voile d'épaisseur constante ou variable selon la forme de l'intrados.



— Si le tablier est large, il supportera des encorbellements ; le voile formant bégueille pourra être composé de deux éléments séparés par un vide.

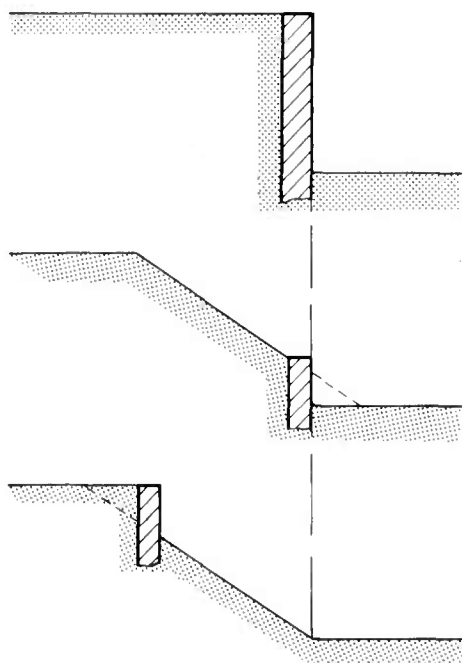


# **G\_MURS DE SOUTÈNEMENT**

**Page laissée blanche intentionnellement**

Les murs de soutènement sont employés lorsqu'il n'est pas possible de développer la géométrie des terres (talus naturel). Ils peuvent se rencontrer dans le cas de déblais ou de remblais.

On peut distinguer trois types de murs de soutènement :



— murs de pleine hauteur, égale à la différence de cote entre les plates-formes ; la voie inférieure est en tranchée complète.

— murs de pied, de faible hauteur, permettant de réduire l'emprise du talus en supprimant sa partie inférieure ; la voie inférieure est en tranchée partielle.

— murs de crête, également de faible hauteur, permettant de réduire l'emprise du talus en supprimant sa partie supérieure ; ces murs posent divers problèmes techniques particuliers, de fondation notamment.

Ces murs peuvent constituer des tronçons continus de grande longueur ou, au contraire, se rencontrer en des points particuliers, notamment aux abords d'un ouvrage d'art (cf. croquis page 100).

Par ailleurs leur hauteur, liée à la géométrie du terrain, sera faible, moyenne ou importante et dans chaque cas pourra être constante ou variable.

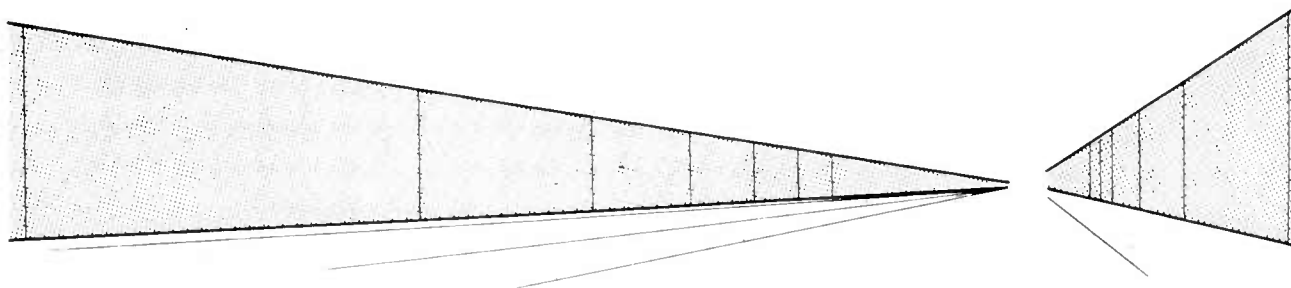
Enfin, la plate-forme bordée de murs pourra être étroite, moyenne ou large et les murs pourront être disposés symétriquement ou non.

D'une façon générale, l'effet de tranchée sera d'autant plus marqué que :

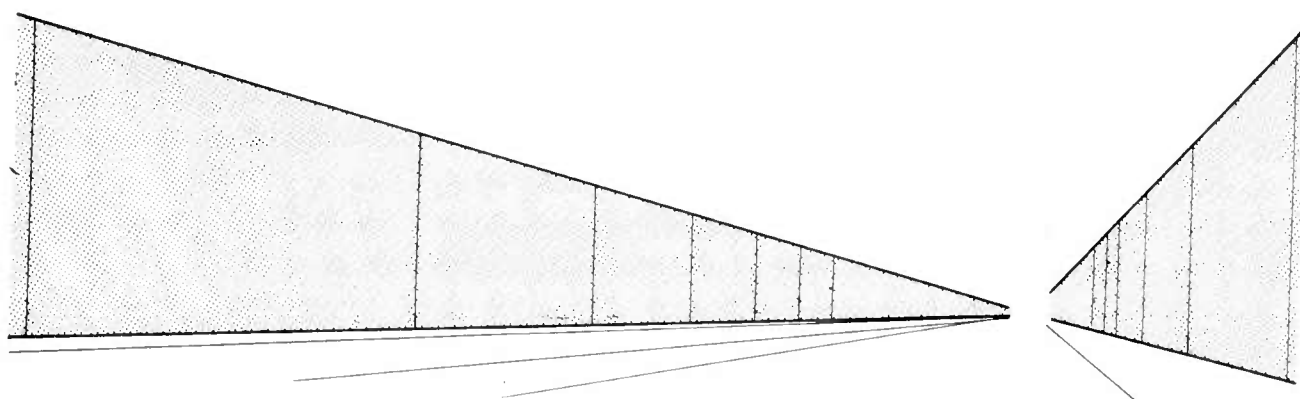
- la distance entre murs sera plus faible ,
- la hauteur des murs sera plus grande,
- la longueur des murs sera plus importante.

L'intérêt esthétique d'une solution mixte - talus + murs de pied ou murs de crête - est évident : elle dégage la vue. L'avantage paraît plus marqué avec les murs de crête qui assurent la continuité du terrassement au niveau de la plate-forme inférieure ; ces murs peuvent le cas échéant être dissimulés par des plantations. Les schémas perspectifs de la page suivante illustrent ces différents effets.

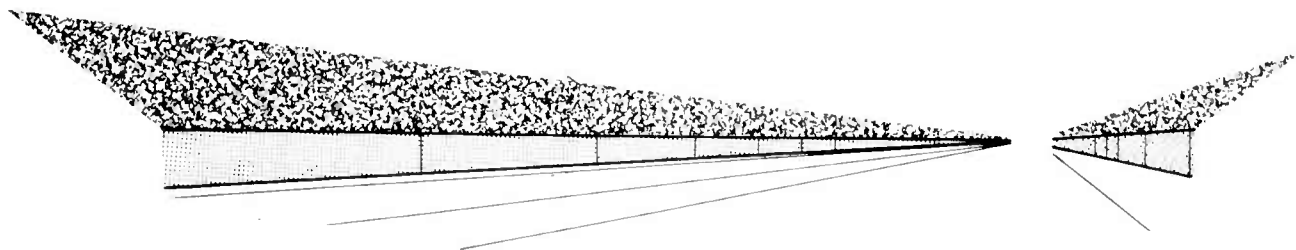
Murs de pleine hauteur, tranchée de 6 mètres



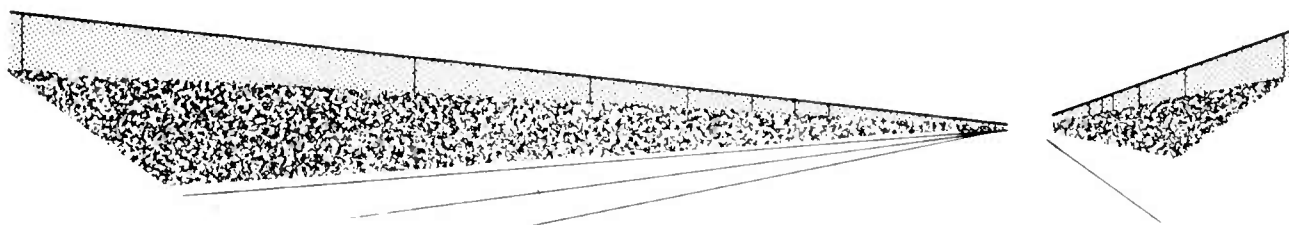
Murs de pleine hauteur, tranchée de 9 mètres



Murs de pied



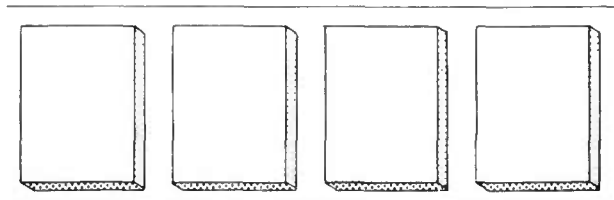
Murs de crête



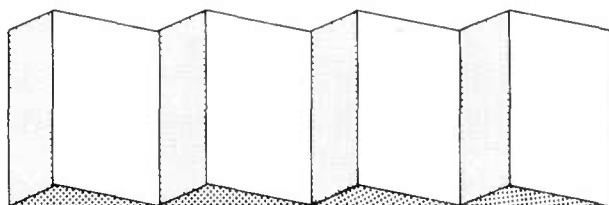


Quoi qu'il en soit, les murs de soutènement présentent une certaine monotonie. Nous conseillons donc d'animer leur parement, ce qui peut se faire de différentes manières ; la plus simple consiste en des rainures verticales et horizontales qui présentent en outre l'avantage de dissimuler les reprises de bétonnage et aussi celui de localiser d'éventuelles fissures dues au retrait du béton. De toute façon, des joints seront prévus tous les 10 à 15 mètres et le module d'espacement des rainures devra tenir compte à la fois de la hauteur du mur et de la distance entre ces joints.

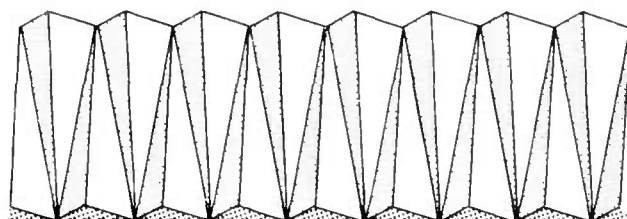
D'autres procédés plus élaborés mais plus coûteux et générateurs de problèmes techniques sont envisageables :



– panneaux en relief,



– face avant des murs en «accordéon»,



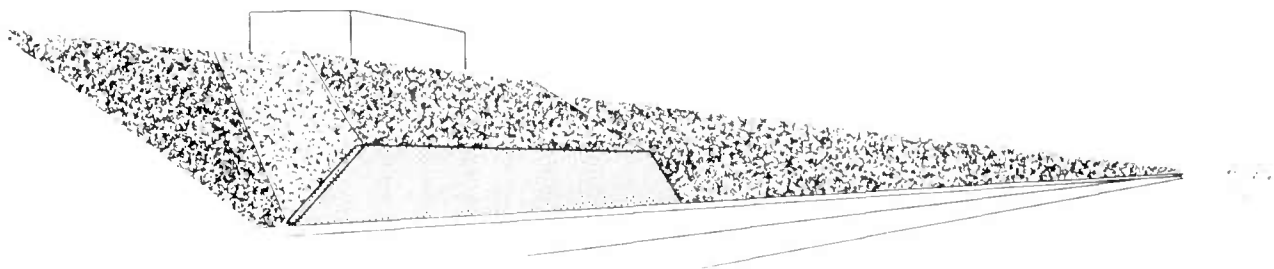
– facettes, etc . . .

Cette liste n'est évidemment pas limitative mais, quel que soit le procédé retenu, le caractère devra en être franchement affirmé.

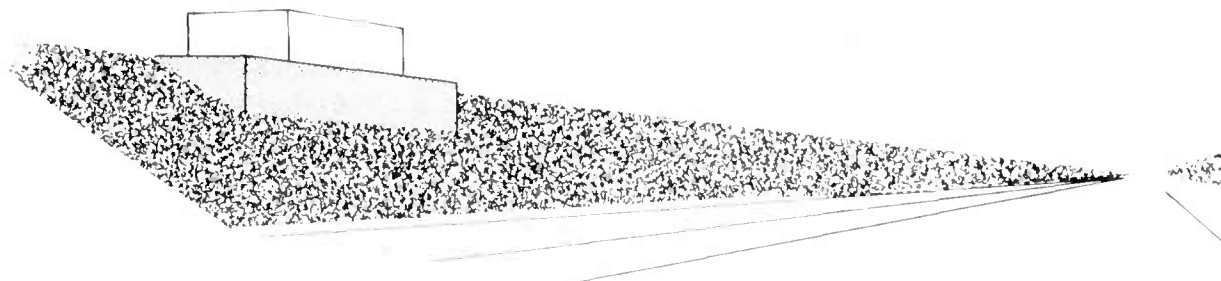
Les parements de ces murs seront traités conformément aux indications données au chapitre des parements.

D'une façon générale, sauf peut-être en présence d'un garde-corps, on évitera les rampants ou corniches qui alourdisent la tête des murs. Prenons l'exemple de parements à rainures verticales : celles-ci seront arrêtées à leur partie supérieure par une rainure horizontale parallèle à la crête du mur, délimitant ainsi une sorte de bandeau ; la face supérieure du mur sera inclinée de manière à rejeter les eaux vers le talus ; cette disposition permettra une bonne finition de la partie supérieure du mur.

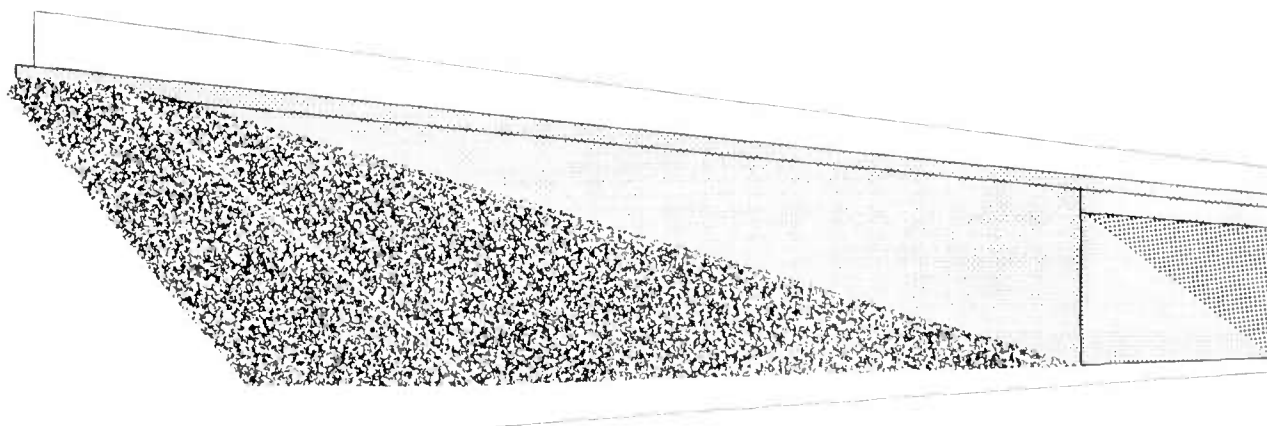
Mur de pied : discontinuité du terrassement



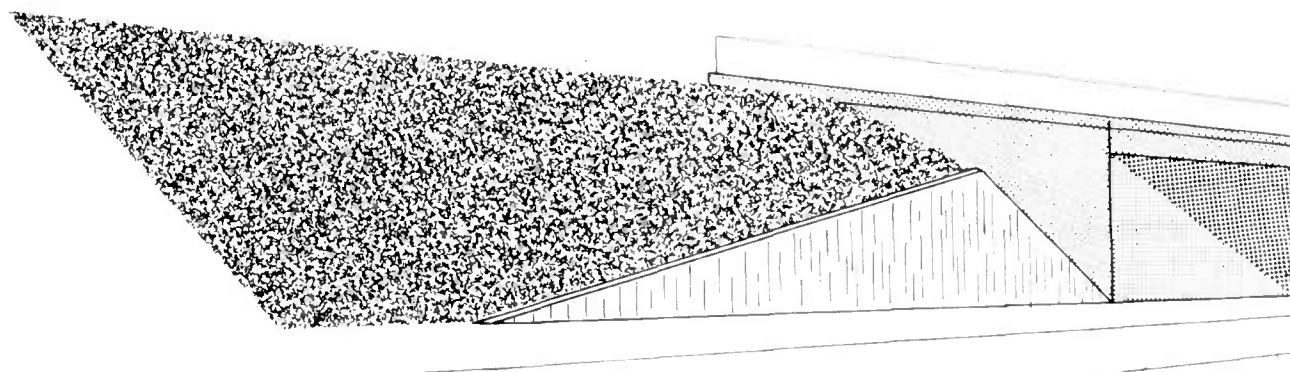
Mur de crête : continuité du terrassement



Mur en retour : continuité du terrassement



Mur en retour et mur de pied : discontinuité du terrassement

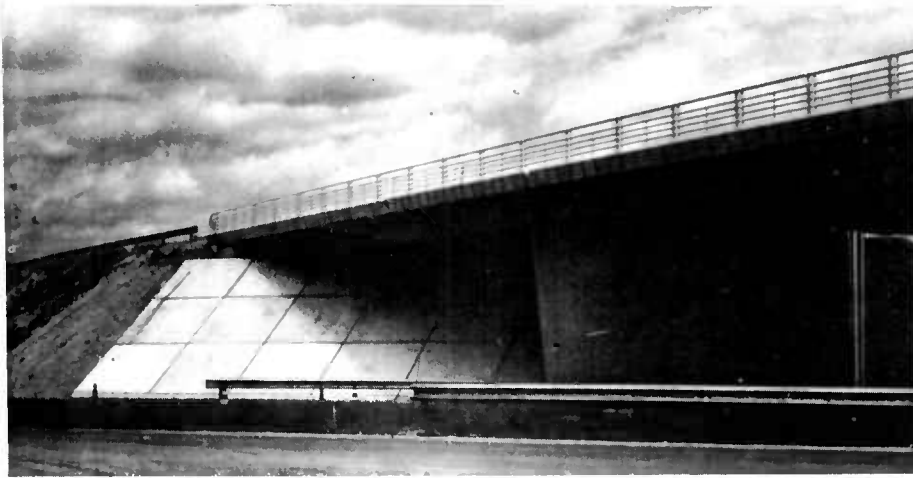


**troisième partie**  
**LES ÉQUIPEMENTS**

**Page laissée blanche intentionnellement**

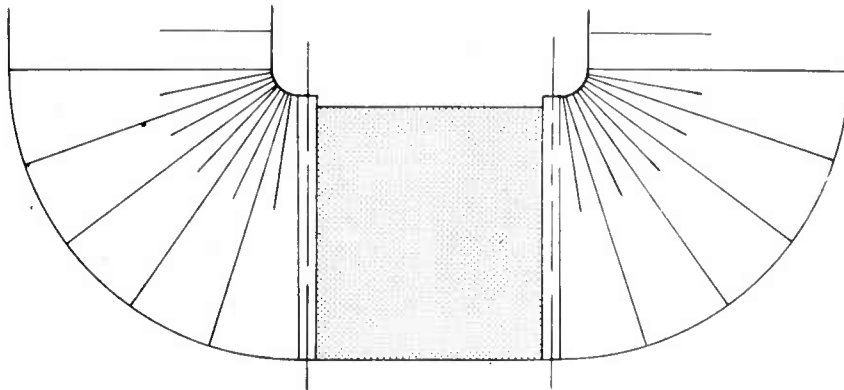
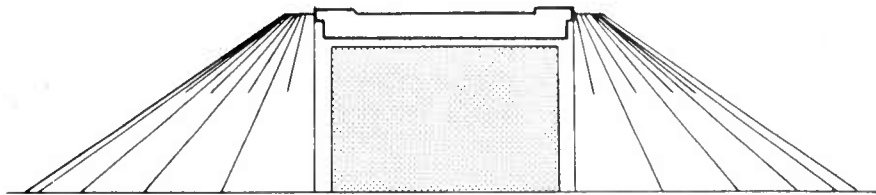
# A - PERRÉS

Les perrés, qui ne sont en fait qu'une protection locale du talus dans la zone où la végétation ne saurait prospérer, ne doivent pas nuire à l'harmonie de l'ensemble des éléments constitutifs de la structure. Dans cette optique, l'exécution des perrés doit tendre à rendre ces derniers le moins apparents possible.



Pour ce faire nous formulons trois conseils .

1 – Si la voie supérieure est en remblai, donner aux perrés une pente égale à  $2/3$ .  
Si la voie inférieure est en déblai, donner aux perrés une pente égale celle des talus environnants.



2 – Perreyer seulement la zone où la reprise de végétation est improbable ; cette zone est délimitée, dans le cas d'ouvrages dégageant un gabarit normal, par la projection du tablier, diminuée de part et d'autre d'une bande d'environ 20 cm.

3 — Choisir, pour l'exécution des perrés, des matériaux constitués de petits éléments assemblés, qui contrastent avec le monolithisme du tablier, et dont la coloration et la matière se fondent avec celles des talus environnants et mettent en valeur la teinte et le coffrage du béton. Parmi les matériaux généralement employés, on peut citer :

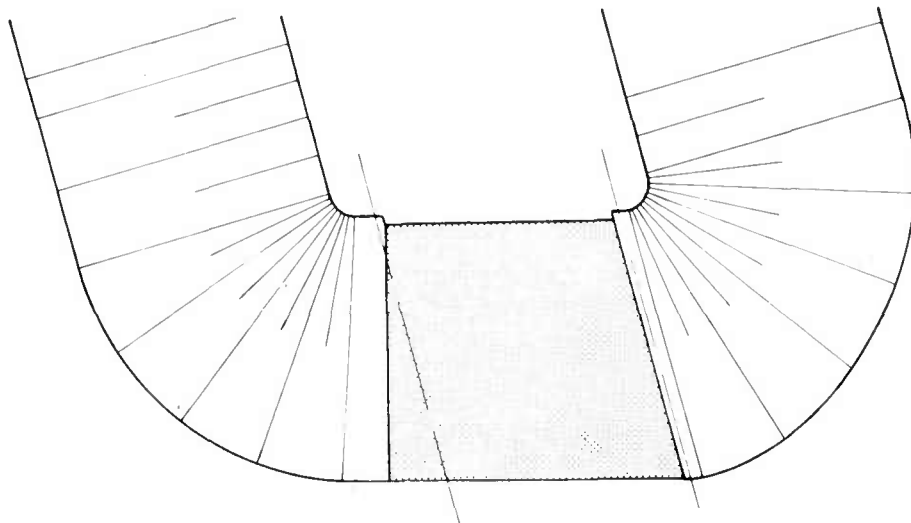
- les dalles préfabriquées en béton ;
- les pavés préfabriqués en béton vibré, composé de granulats durs ;
- les maçonneries, exécutées à joints incertains ou à assises régulières si l'aspect architectural l'impose, et réalisées avec des matériaux propres à la région (moellons bruts, dalles de grès, dalles d'ardoises, briques...) ou des pavés de réemploi.

Quel que soit le matériau utilisé, il sera parfois nécessaire que ces perrés soient bordés latéralement par une murette, notamment lorsqu'on aura affaire à des matériaux de formes géométriques irrégulières ou encore pour éviter toute amorce de dislocation ; il est alors recommandé, pour éviter un effet de cadre, que cette bordure soit des plus discrète et qu'elle soit intégrée par sa matière et sa coloration à l'ensemble du perré.

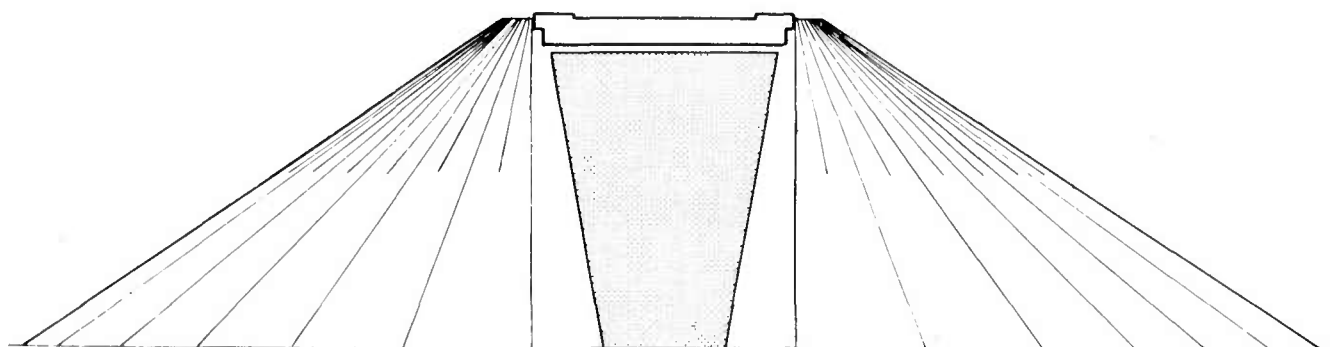


Dans le cas d'ouvrages biais, on évitera toute descente d'eau suivant la ligne de plus grande pente qui aboutirait à l'extérieur de la zone définie précédemment, car ceci obligerait à agrandir le perré de ce côté. Trois solutions sont alors possibles pour pallier cet inconvénient :

- décaler la descente d'eau vers le centre,
- prévoir une descente en biais,
- envisager une évacuation des eaux par un tuyau enterré dans le talus.



En ce qui concerne les ouvrages à grand tirant d'air, la végétation peut se développer plus facilement, surtout en pied de talus ; les perrés pourront alors être en forme de trapèze dont la grande base sera au niveau du tablier ; pour la détermination de la petite base, on tiendra compte de la descente des eaux.

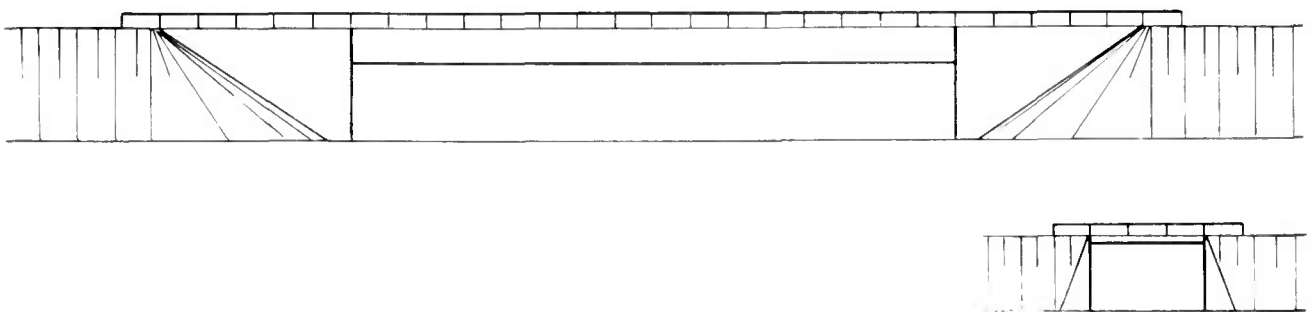


## B - GARDE - CORPS

Le garde-corps joue essentiellement un rôle de protection des usagers, qu'ils soient piétons ou automobilistes ; cette fonction impose des contraintes géométriques sur sa hauteur et sur l'intervalle maximal entre les éléments qui le composent.

Il ne faut pas négliger le côté esthétique dans le choix du garde-corps ; sa silhouette ne peut être dissociée de celle de l'ouvrage ; il se présente de façon très différente suivant l'éclairage : en contre-jour, il se détachera de manière bien marquée sur le fond clair du ciel tandis qu'en éclairage de face, il pourra ressortir en clair sur le fond. Sa modénature ne doit donc en rien alourdir l'aspect général de l'ouvrage.

Sa hauteur étant imposée - 1 m pour les P.S., 0,75 m pour les P.I. d'autoroute - son importance sera d'autant plus marquée que l'épaisseur du tablier sera réduite ; peu important sur un tablier à poutres de grande portée, il devient prépondérant sur une dalle de faible portée.

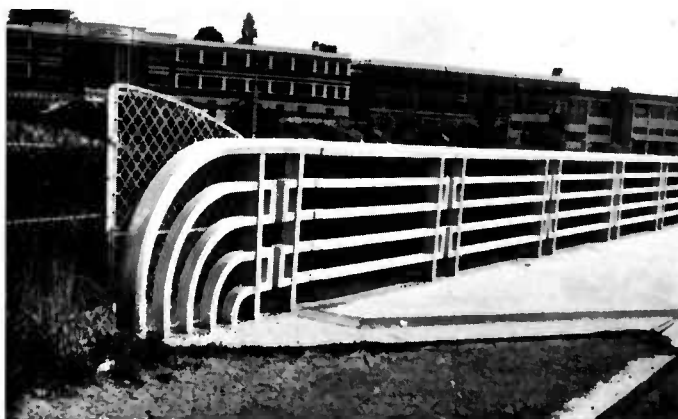


Dans le cas d'ouvrages de faible ou de moyenne importance, on aura le choix entre deux options : un garde-corps très visible ou, au contraire, peu visible ; cette dernière paraît la meilleure dans la majorité des cas.



Dans cette optique, et en raison de la nécessité d'une standardisation, nous déconseillons le garde-corps fantaisiste et anecdotique ; il ne faut pas confondre un garde-corps avec une clôture de jardin ou une ferronnerie d'art pour balcon. Le garde-corps doit être uniquement composé d'éléments verticaux ou longitudinaux disposés de la manière la plus simple, comme le sont les modèles du dossier-pilote G.C. 67 ; on jouera essentiellement sur les dimensions des éléments - montants, lisses, sous-lisses ou barreaux - en tenant compte de leur rôle mécanique, et aussi sur leur espacement en tenant compte des contraintes géométriques.

Garde-corps modèle S.1



En ce qui concerne les passages supérieurs, nous aurons le choix entre deux types principaux de garde-corps, suivant la direction donnée aux éléments intermédiaires :

- un garde-corps à dominante horizontale avec sous-lisses horizontales,
- un garde-corps à dominante verticale avec barreaux verticaux ;

Nous recommanderons, pour les raisons énoncées précédemment, les modèles S.7 et S.8 du dossier-pilote G.C. 77.

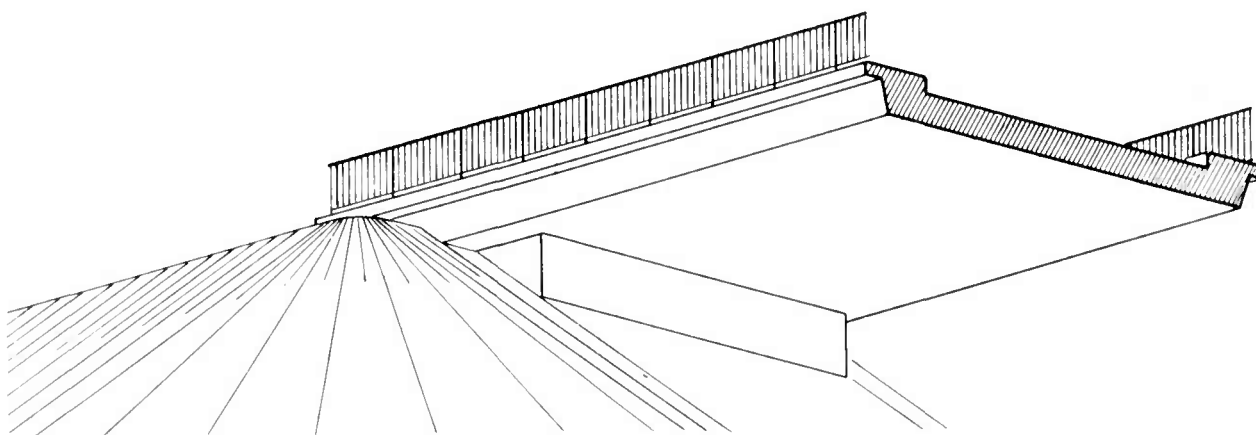
En ce qui concerne les passages inférieurs, nous donnerons la préférence aux modèles I.4 et I.5.

Garde-corps modèle S.8

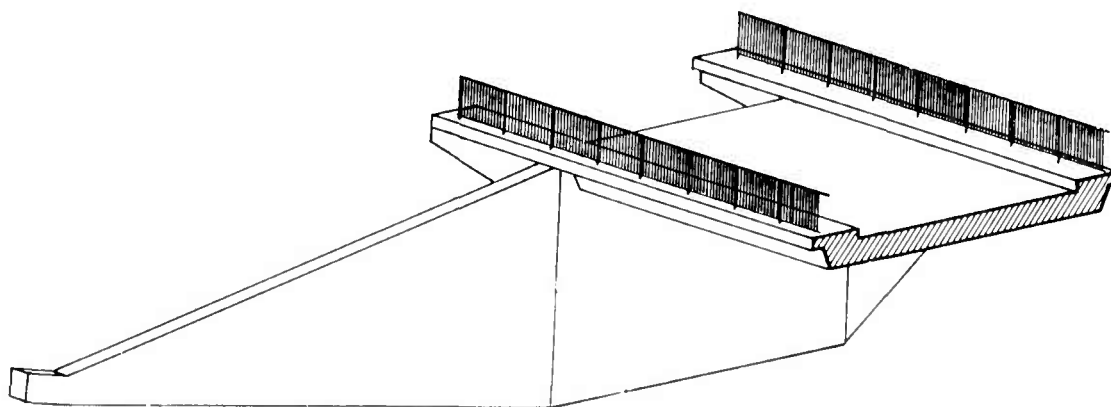


## Implantation

On ne se contentera pas d'arrêter le garde-corps à l'intersection du talus avec le tablier ou avec les culées ; cette disposition n'est pas heureuse et donne une impression d'insécurité. Les extrémités du garde-corps se situeront nettement au-delà de cette intersection. Cette disposition contribue à créer un lien entre le tablier - ou les culées - et les plates-formes d'accès.



Pour des raisons à la fois pratiques - scellement du garde-corps - et esthétiques, la corniche sera généralement prolongée d'une longueur égale à celle du garde-corps ; la surlongueur de corniche pourra être portée par un voile en console lorsque la culée est encadrée par des murs en aile.



On évitera tout décrochement en plan du garde-corps, qui entraînerait des complications inutiles de montage et de scellement.



### **Direction du barreaudage**

Lorsque le profil en long est curviligne ou en pente, ce qui est souvent le cas, les montants seront toujours disposés verticalement et non perpendiculairement à la corniche.

### **Surfaçage**

Il différera suivant le métal employé : acier ordinaire, acier inoxydable, aluminium. Dans le cas de l'acier, les éléments devront être galvanisés à chaud ou métallisés au zinc et éventuellement peints en tenant compte de l'environnement : on évitera en particulier les tons criards ou le bariolage.

**Page laissée blanche intentionnellement**

**quatrième partie**  
**LES PAREMENTS**

**Page laissée blanche intentionnellement**

Chercher à donner un aspect agréable aux surfaces vues d'un ouvrage n'entraîne pas nécessairement des dépenses supplémentaires élevées ; à l'inverse, la présence de parements coûteux, loin d'améliorer l'aspect, l'alourdira souvent. Il suffit, pour s'en convaincre, de regarder un certain nombre d'ouvrages, et on s'apercevra que ce ne sont pas les plus habillés qui sont les plus réussis ; la sobriété est de règle en la matière.

Les considérations qui précèdent sont, de toute façon, dominées par les risques de suintement des eaux d'infiltration. Au niveau de l'exécution le maître d'œuvre commencera par s'assurer que des organes de drainage ont été prévus et qu'ils pourront être entretenus par la suite. Combien de parements de culées sont souillés par des traces de suintements dus à un drainage défectueux des eaux d'infiltration au niveau des joints.



La manière de traiter les surfaces vues dépend tout d'abord du matériau constitutif de la structure considérée : béton ou métal.

## STRUCTURES EN MÉTAL

Nous ne traiterons ici que des structures en acier, qui représentent la quasi totalité des cas. Jusqu'à présent elles nécessitaient une protection contre la corrosion, mais il y a lieu de tenir compte de l'apparition d'un acier non encore agréé, désigné sous le nom de COR-TEN, qui n'exige aucune protection spéciale, mais dont l'aspect pose des problèmes spécifiques.

### LES STRUCTURES MÉTALLIQUES NÉCESSITANT UNE PROTECTION

Exceptionnellement le parement sera constitué d'éléments rapportés tels que des plaques d'aluminium, des tôles émaillées..., la protection étant assurée par une peinture sous-jacente.

Mais, dans la majorité des cas, la dernière couche de peinture fait office de parement.

On choisira une teinte en rapport avec l'environnement ; on évitera les tons criards, ainsi que les couleurs très claires ; ces dernières présentent l'inconvénient d'être moins stables, de se salir rapidement et de laisser davantage transparaître les traces de rouille.

Le résultat final et la bonne tenue dans le temps d'une peinture dépendent de nombreux facteurs, qui ne sauraient être tous détaillés ici. On peut néanmoins énoncer un certain nombre de conseils qui, s'ils sont suivis, conduiront à un résultat le plus souvent correct ; ils concernent le choix des matériaux et leur mise en œuvre.

### **Choix des matériaux**

Il portera sur le pigment et le liant ; pour le pigment, on pourra se renseigner au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. La couche de revêtement, qui est la seule visible, devra être de teinte stable et d'un grand pouvoir couvrant.

Étant donné l'absence actuelle d'homologation, il sera de toute manière intéressant de consulter le Laboratoire Central sur les peintures proposées et de faire à la livraison des prélèvements pour analyses de contrôle.

### **Mise en œuvre**

La bonne tenue d'une peinture dépend pour une bonne part du soin apporté à sa mise en œuvre. On devra tenir compte tout d'abord des influences extérieures, notamment l'atmosphère ; on évitera, dans la mesure du possible, d'appliquer la peinture en arrière - saison et plus généralement par temps humide ; si l'atmosphère est agressive (air marin ou air très pollué en zone industrielle) on procèdera à une métallisation préalable ; celle-ci se fera sur métal nu sablé qui devra être revêtu dans les trois ou quatre heures qui suivent, sinon l'oxydation qui risque de s'y former nuirait à la bonne adhérence de cette couche métallique ; celle-ci est ensuite recouverte de peinture suivant le processus normal.

Qu'il y ait ou non une métallisation préalable, le revêtement devra comporter quatre ou cinq couches de peinture. La première, ou couche primaire, sera obligatoirement anti-corrosive, au plomb ou au zinc ; l'avant-dernière devra être d'une teinte voisine de celle de la couche de revêtement proprement dite, ce qui présente l'avantage de masquer d'éventuelles inégalités d'opacité.

## **LES STRUCTURES MÉTALLIQUES EN COR—TEN**

Le COR—TEN est un type d'acier non encore agréé, dont l'utilisation est devenue courante en Amérique du Nord et qui se répand en Europe. Sa caractéristique essentielle réside dans le fait que la couche superficielle d'oxyde formée au contact de l'atmosphère devient suffisamment adhérente et compacte pour assurer une protection durable des surfaces sous-jacentes, tout comme dans une pièce d'aluminium ; la teinte varie du gris ardoise, en milieu rural, au brun foncé, en atmosphère industrielle polluée.



On pourra jouer sur les effets de patine dus à l'oxydation, moyennant certaines précautions : pas de marquages à la peinture ou à la craie grasse, élimination des taches de mortier ou de goudron. Pendant la période d'oxydation, qui varie de deux à cinq ans, on veillera tout spécialement au drainage des eaux qui, en entraînant les oxydes solubles, risqueraient de tacher irrémédiablement certaines parties d'ouvrages ; parallèlement on assurera la protection des autres matériaux, le béton entre autres.

## STRUCTURES EN BÉTON

De loin les plus répandues, elles posent des problèmes délicats pour les motifs suivants :

- les surfaces vues y sont importantes notamment s'il y a des culées ;
- en l'absence de précautions spéciales, l'aspect risque d'être inégal.

On peut y trouver une raison de recouvrir le béton de matériaux rapportés (pierres naturelles, briques, faïences, mosaïques, panneaux préfabriqués) qui, par leur aspect-couleur ou grain-, par le jeu de leur appareillage ou de leur assemblage, permettent d'obtenir plus facilement des surfaces vivantes. Cette solution coûteuse n'est cependant utilisée que dans des cas exceptionnels où le site justifie le supplément de dépense. Dans la majorité des cas le béton mérite de rester apparent ; nous ne cachons pas notre préférence pour cette solution qui va d'ailleurs dans le sens , à la fois, de la vérité et de l'économie.

Une grande variété d'aspect est alors envisageable selon la nature des coffrages, le choix des liants et des granulats, les traitements de surface. Nous distinguerons les quatre orientations suivantes :

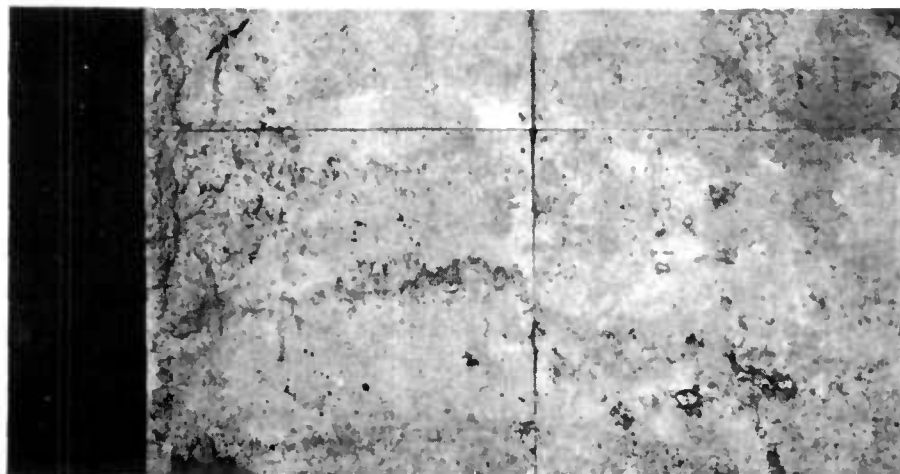
- 1) – on respecte l'aspect naturel du béton en le laissant brut de décoffrage ;
- 2) – on recherche un effet de «grain» en traitant mécaniquement la surface du béton (ponçage, sablage, bouchardage ...) ;
- 3) – on recherche un effet de «teinte» par un choix judicieux des granulats ou du ciment, ou encore par l'incorporation de pigments dans la masse du béton ;
- 4) – on peint enfin le béton, de manière à cacher les irrégularités de teinte visibles dès la construction et les salissures qui apparaissent au cours du temps, étant entendu que cette dernière solution ne laisse apparaître que le relief du matériau.

### 1 – PAREMENTS DE BÉTON BRUT DE DÉCOFFRAGE

L'aspect des parements de béton brut de décoffrage peut varier suivant la nature du relief, qui peut donner des surfaces lisses ou rugueuses. La tendance actuelle est aux parements lisses et uniformes, mais nous tenons à attirer l'attention sur la variété que l'on peut obtenir des parements rugueux et la richesse des effets que l'on peut en tirer.

## PAREMENTS LISSES

La réussite de ces parements se juge d'après l'uni de la surface et l'uniformité de la teinte ; la photo ci-dessous montre des défauts locaux de surface et surtout des variations importantes dans la teinte.



De nos jours, un maître d'œuvre peut espérer obtenir d'une entreprise consciencieuse un parement brut de décoffrage d'une qualité parfaite, et le fascicule 65 du Cahier des Prescriptions Communes (C.P.C.), relatif à l'exécution des ouvrages en béton armé, définit les obligations de l'entrepreneur et les exigences particulières que le maître d'œuvre doit préciser dans le Cahier des Prescriptions Spéciales (C.P.S.) et, pour ce faire, il se reportera au Cahier Type des Prescriptions Spéciales pour ponts courants et au Guide de Chantier.\*

L'état de la surface dépend essentiellement de la catégorie du coffrage ; le C.P.C. distingue cinq catégories :

- grossiers,
- ordinaires,
- soignés,
- pour parements fins,
- spéciaux.

Les parements lisses ne peuvent être obtenus que par l'emploi de coffrages des trois dernières catégories.

Les coffrages spéciaux seront réservés à la réalisation de certaines formes particulières telles que, par exemple, les surfaces cylindriques de faible rayon ; dans la majorité des cas, on emploiera des coffrages soignés ou des coffrages pour parements fins.

A l'intérieur de ces deux catégories, suivant la nature et les dimensions des éléments constitutifs, on pourra obtenir un aspect glacé (revêtements de matières plastifiées...), poli (métal), légèrement strié (panneaux de fibre de bois, contre-plaqué, planches rabotées...).

\* Le fascicule 65 du CPC est en cours de révision et deviendra le fascicule 65 du C.C.T.G.

Les CPS sont actuellement remplacés par des Cahiers des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.).

Le CPS pour ponts courants est épuisé et non réédité.

## Régularité du relief et uniformité de la teinte

Elles dépendant à la fois, et à des degrés divers, de la constance du ciment, de la mise en œuvre du béton, de l'état des coffrages et de leur assemblage.

Constance du ciment — L'obtention de teinte uniforme est généralement incompatible avec tout changement de nature et même de simple provenance du ciment ; elle nécessite même une certaine sélection pour le choix de l'unique ciment à utiliser : ainsi certains ciments, et c'est particulièrement fréquent pour les C.P.A.L., conduisent à des teintes hétérogènes.

Mise en œuvre du béton — On surveillera la vibration du béton afin de limiter la formation de laitance ; on peut signaler que des différences de durée de vibration suffisent à provoquer des différences notables de teinte.

Etat des coffrages et assemblage — Le C.P.C. indique les soins à apporter aux coffrages : homogénéité, propreté, humidification, enduction d'huile, etc.

Il fixe dans chaque cas les tolérances admises sur la largeur des joints, la dénivellation des éléments entre eux, la correction géométrique de la surface des panneaux, ainsi que les prescriptions relatives à l'étanchéité des joints, etc.

Lorsqu'on emploiera, si le C.P.S. l'autorise, des dispositifs de fixation intérieurs au béton, nous conseillons de laisser tels quels les trous qui apparaissent au décoffrage.

## Tracé des reprises de bétonnage

Les dessins de coffrage devront indiquer clairement le tracé des surfaces de reprise prévisibles, ainsi que les zones où aucune reprise ne peut être admise. Si l'on ne peut éviter des reprises dans les parties vues, on fera en sorte de rendre celles-ci le moins apparentes possible ; en les plaçant, par exemple, à l'intersection de deux surfaces d'orientations différentes, on évitera les reprises en travers d'une grande surface uniforme ; si l'on ne peut masquer les lignes de reprise, on les dissimulera à l'aide de rainures.

## Rainures

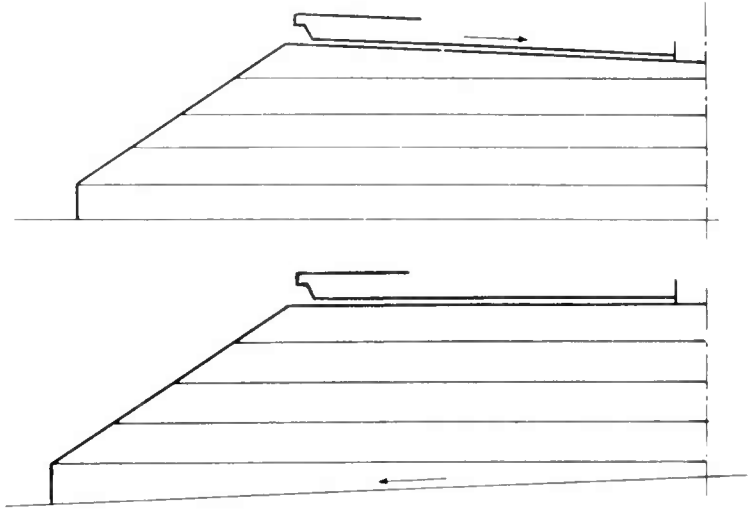
Des rainures tracées sur les parements vus de béton présentent, indépendamment des effets esthétiques que l'on peut en tirer, les avantages pratiques suivants, selon le système employé (à direction horizontale ou sensiblement telle, à direction verticale, ou les deux combinés) :

- rendre moins évidentes les irrégularités d'uni de surface et de teinte dues aux reprises de bétonnage,
- dissimuler les joints,
- éventuellement localiser les fissures de retrait.

Quel que soit le système utilisé, il y a là matière à recherches et une certaine liberté est laissée au projeteur : dans tous les cas, ces rainures demandent à être traitées avec soin et devront présenter un certain caractère de fermeté ; leur largeur et leur profondeur seront déterminées dans chaque cas particulier.

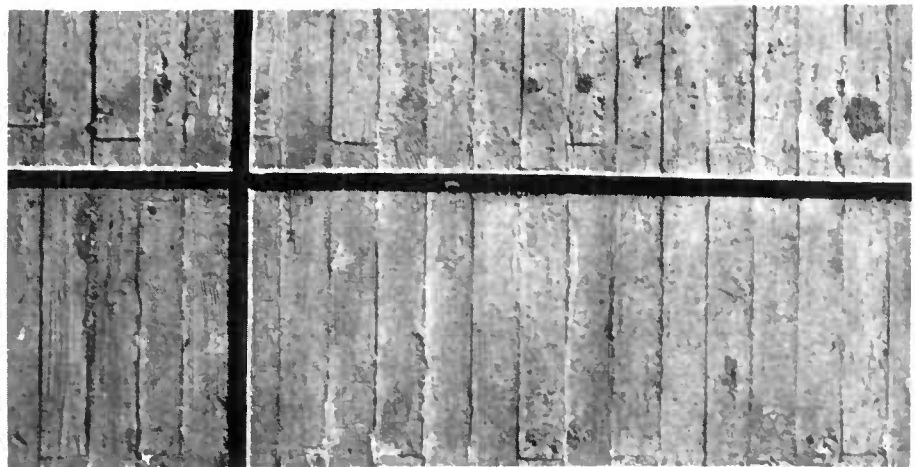
Il y a lieu, toutefois, de signaler que les rainures horizontales posent certains problèmes de tracé lorsque les lignes basses et hautes délimitant les surfaces à traiter ne sont pas parallèles.

Dans le cas où l'on emploierait conjointement les deux systèmes, on donnera une prédominance à l'une ou à l'autre direction suivant l'effet recherché.



## PAREMENTS RUGUEUX

Ces parements permettent d'animer certaines surfaces ; on peut les réaliser avec des coffrages en planches brutes non rabotées, l'empreinte du bois et les joints entre planches restant apparents.



Il peut être séduisant de modifier l'orientation des planches en passant, par exemple, de la verticale à l'horizontale ; on peut, du reste, poser en principe que la direction des planches contribue à accentuer ou, au contraire, à minimiser les dimensions ; ainsi des planches disposées verticalement accentueront l'élancement d'un pilier ; de même, la ligne horizontale d'un tablier sera bien mise en valeur par des empreintes parallèles aux bords libres.

## 2 – PAREMENTS DE BÉTON TRAITÉ MÉCANIQUEMENT EN SURFACE

La teinte obtenue est essentiellement tributaire des granulats employés ; le relief dépend de la nature du traitement.

Parmi les traitements les plus couramment employés, on trouvera, en allant du plus lisse au plus rugueux : le ponçage, le sablage et le bouchardage.

- **Le ponçage** est un procédé coûteux, dont nous ne voyons pas l'utilisation dans les ouvrages courants. Il permet d'obtenir un beau poli avec des granulats choisis (basalte, marbre, porphyre, cailloux de Loire, etc ...) ; il présente l'inconvénient de laisser voir les fissures.
- **Le sablage** a l'inconvénient de détruire la peau de ciment et rend ainsi le béton plus poreux ; il est plus particulièrement indiqué pour de petites surfaces bien délimitées.
- **Le bouchardage** est un traitement par la taille ; c'est le plus utilisé des traitements mécaniques. Il consiste à tailler la surface du béton sur une certaine épaisseur, de l'ordre de 5 mm pour un bouchardage léger ; une surépaisseur équivalente est donc à prévoir au moment de l'exécution, et devra être fixée par le C.P.S. Le bouchardage est effectué au moyen de marteaux automatiques à denture fine (au moins 64 dents), sauf prescriptions contraires du C.P.S. Afin de ne pas épaufrer les arêtes, des champs non bouchardés d'environ 3 cm de largeur seront réservés le long de celles-ci ; ces derniers pourront être soit ciselés, soit lissés au fer.

Le bouchardage, comme tous les traitements par la taille, présente l'inconvénient de maltraiter le béton et peut être à l'origine de fissures et de corrosion des armatures ; il est interdit sur les poutres en béton précontraint. Contrairement à ce que l'on croit parfois, le bouchardage ne fait pas disparaître les reprises de bétonnage. Enfin, c'est un procédé coûteux.



Il y a lieu de signaler qu'en plus des inconvénients déjà cités, les surfaces de béton bouchardees présentent celui d'accrocher les poussières et les saletés en atmosphère polluée ; nous signalons l'existence de produits hydrofuges tels que les silicones ou les fluorures, dont l'application sur les surfaces traitées en faciliteront l'entretien.

### 3 – PAREMENTS DE BÉTON TEINTÉ DANS LA MASSE

L'obtention d'une teinte du béton différente du gris usuel est possible, et plusieurs moyens sont utilisables à cette fin.

Si l'on recherche une surface lisse et très claire, on emploiera du ciment blanc ; la teinte obtenue dépend néanmoins du sable utilisé (on notera que le sable de Loire donne au béton un ton moins chaud que le sable de Seine). Les bétons de ciment blanc sont malheureusement sujets à des retraits importants et on ne les utilisera que pour des parties d'ouvrage que l'on désire mettre en valeur et pour lesquelles cet inconvénient est de peu d'importance ; par ailleurs, ils demandent à être protégés des salissures dues aux eaux de ruissellement, qui y laissent des trainées blanches cernées de noir.

Si l'on recherche une teinte plus ou moins accentuée, on peut soit ajouter un pigment coloré au ciment, soit jouer sur le teinte des granulats, que l'on aura choisis en fonction de l'effet recherché, soit encore combiner les deux procédés (adjonction de pigments et choix des granulats). Dans le cas d'un parement brut de décoffrage, on se contentera d'ajouter un pigment ; dans le cas d'un parement traité mécaniquement en surface, on pourra jouer sur le choix des granulats, ou ajouter un pigment, ou combiner les deux.

### 4 – PAREMENTS PEINTS

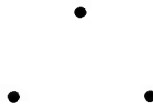
Le recours à la peinture pourra être avantageux pour masquer des défauts d'exécution tels que taches et inégalités de teinte ; toutefois, ce traitement ne saurait faire disparaître les inégalités et aspérités de surface. Il ne faudrait pas, néanmoins, considérer ce procédé uniquement comme une simple solution de rattrapage et on n'hésitera pas à y recourir lorsqu'un effet décoratif est recherché par le jeu des couleurs. Celles-ci devront rester discrètes et en nombre limité ; elles seront choisies en fonction de l'environnement.

Comme certaines peintures changent de ton au cours du temps (le blanc notamment tend à jaunir), il est recommandé de procéder à des essais sur panneaux de grandes dimensions deux mois au moins avant l'exécution. L'application de la peinture doit être précédée d'un brossage énergique et d'un lessivage alcalin dont la qualité ne soit pas de nature à attaquer la couche de peinture ; en outre, certaines peintures ne doivent pas être appliquées par temps humide.

Le cahier type des prescription spéciales envisage trois types de peintures :

- les peintures à base de silicone,
- les peintures silicatées,
- les peintures-ciment.

Chacune de ces peintures devra être agréée par le maître d'œuvre.



## CHOIX DES PAREMENTS

Il n'est pas dans notre intention de conseiller plus particulièrement l'un ou l'autre des parements de béton, le choix étant souvent intimement lié au site de l'ouvrage ; il peut être fonction des nécessités d'entretien et des risques de vandalisme.

Nous constatons, cependant, que l'amélioration constante de la qualité des bétons et l'utilisation de coffrages de plus en plus soignés permettent d'obtenir des parements de béton brut de décoffrage de la meilleure qualité.

Il ne faut pas oublier également que, grâce au jeu des coffrages, il est possible d'animer certaines grandes surfaces et de produire certains effets ; le maître d'œuvre ne devra pas écarter cette éventualité, même si cela nécessite une étude plus poussée des plans de coffrage et demande à l'entrepreneur certaines précautions à l'exécution. Ainsi, dans un ouvrage de grande longueur, pourra-t-on accuser l'effet d'horizontale en utilisant, pour la dalle, des coffrages constitués de planches orientées dans le sens de la longueur ; dans le cas d'un long mur de soutènement, on pourra atténuer l'impression de grande longueur en utilisant des parements à dominante verticale.

La juxtaposition de parements de différentes natures permet d'obtenir d'intéressants effets de contraste entre les éléments constitutifs de l'ouvrage. Il pourra en être ainsi entre la surface vue de la dalle, généralement dans l'ombre, et la corniche éclairée si cette dernière est constituée d'éléments préfabriqués en béton blanc, qui trancheront agréablement avec la teinte grise du béton du tablier.



On peut aussi rechercher le même effet de contraste entre l'élément porté et les éléments porteurs, en traitant ces derniers en béton blanc et en utilisant comme coffrages des planches orientées verticalement.





La réalisation ci-dessous montre que l'on peut obtenir, avec des parements de même nature -ici des bétons bruts de décoffrage -, des effets d'opposition très marqués en diversifiant la conception des coffrages.



## R É F É R E N C E S

- **Cahier des prescriptions communes**, fascicule n° 65 : exécution des ouvrages et constructions en béton armé. (voir renvoi p.116).
- **Cahier type des prescriptions spéciales** : ponts courants en béton armé et en béton précontraint décembre 1969 (S.E.T.R.A.).
- **Guide de chantier** : GGOA 70 (S.E.T.R.A.).
- **Annales de l'I.T.B.T.P.** : étude sur les parements de béton armé apparent et le béton blanc brut de démoulage.
 

nos 159 – 160	MARS–AVRIL 1961	(Supplément n° 60)
nos 183 – 184	MARS–AVRIL 1963	(Supplément n° 67)
no 234	JUIN 1967	(Supplément n° 90)
- **Le béton apparent dans la construction**, par Wilhelm KÜNZEL – Eyrolles, éditeur, 1966.

**Page laissée blanche intentionnellement**

# **ANNEXE**

- CONSTRUCTION D'UNE PERSPECTIVE
- CONSEILS POUR LA REALISATION D'UNE MAQUETTE
- DOMAINE D'EMPLOI ET PREDIMENSIONNEMENT DES TABLIERS

**Page laissée blanche intentionnellement**

# CONSTRUCTION D'UNE PERSPECTIVE

On trouvera ci-après une méthode simple et précise pour la construction d'une perspective ; tous les points sont obtenus par abscisses et ordonnées à partir de deux axes de référence.

L'exemple choisi est celui d'un P.S. d'autoroute, biais et en pente.

On s'est placé dans l'hypothèse où la direction de l'observation est parallèle aux bords de chaussée supposés horizontaux ; le plan du tableau, dans lequel se fait la projection perspective, est alors perpendiculaire à ces derniers et vertical. (1)

Les axes de référence choisis dans le plan du tableau sont :

Voir schémas Pl. V (page 128)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{-- pour les abscisses : la ligne d'horizon (H), intersection du tableau et du plan horizontal passant par O, œil de l'observateur.} \\ \text{-- pour les ordonnées : la perpendiculaire (V) à la ligne d'horizon, issue de o, projection orthogonale de O sur le tableau.} \end{array} \right.$

## I – CALCUL DE LA PERSPECTIVE

Deux cas sont à distinguer, suivant le sens du biais.

### 1.1 1er CAS Cas représenté à la planche V

#### 1.1.1 – Perspective de AB(ab)

– Détermination des points  $\alpha, \beta, \mu$  (dans le plan horizontal passant par O).  
entre A et sa perspective  $\alpha$  existe la relation  $\frac{o\alpha}{d} = \frac{L_A}{D_A}$

$$\text{d'où } o\alpha = \boxed{L_A \times \frac{d}{D_A}}$$

$$\text{ou } o\alpha = \boxed{L_A \times k_A}$$

$$\text{avec } k_A = \frac{d}{D_A} = \frac{d}{D - L_A \cotg \varphi}$$

$$\text{on aurait de même } o\beta = \boxed{L_B \times k_B}$$

$$\text{avec } k_B = \frac{d}{D_B} = \frac{d}{D + L_B \cotg \varphi}$$

$$\text{et } o\mu = \boxed{\lambda \times k_M}$$

$$\text{avec } k_M = \frac{d}{D_M} = \frac{d}{D - \lambda \cotg \varphi}$$

– Détermination des hauteurs  $z_a, z_{a_o}$  et  $z_b, z_{b_o}$

$$a \quad \begin{cases} z_{a_o} = Z_o \times k_A \\ z_a = Z_A \times k_A \end{cases}$$

$$b \quad \begin{cases} z_{b_o} = Z_o \times k_B \\ z_b = Z_B \times k_B \end{cases}$$

### 1.1.2 – Perspective de $A'B' (a'b')$

On aurait comme précédemment :

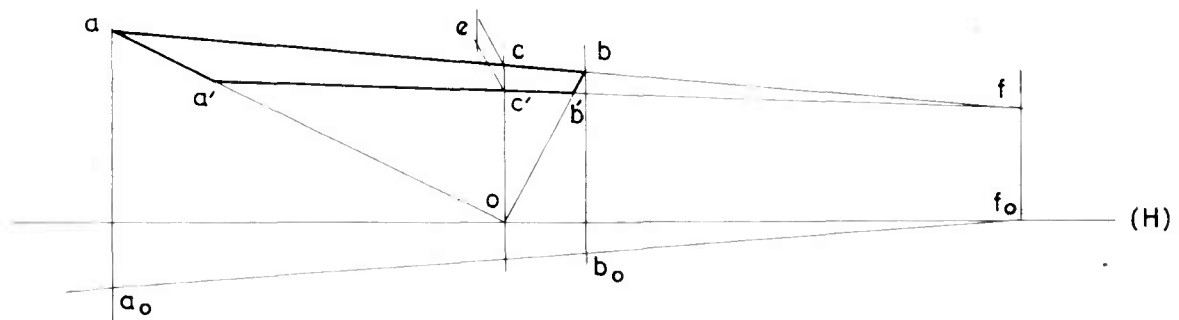
$$\begin{cases} \alpha\alpha' = LA \times k_{A'} \\ \alpha\beta' = LB \times k_{B'} \end{cases} \quad \begin{aligned} \text{avec } k_{A'} &= \frac{d}{DA'} = \frac{d}{D - LA \cotg \varphi + l'} \\ \text{avec } k_{B'} &= \frac{d}{DB'} = \frac{d}{D + LB \cotg \varphi + l'} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} z_{a'} = Z_{A'} \times k_{A'} \\ z_{b'} = Z_{B'} \times k_{B'} \end{cases}$$

$$\alpha\alpha' = \alpha\alpha - \alpha\alpha' = LA d \left( \frac{1}{DA} - \frac{1}{DA'} \right)$$

La distance  $\alpha\alpha'$  a pour expression :

NOTA : On peut construire la droite  $a'b'$  d'une autre manière, en remarquant qu'elle passe par  $c'$ , perspective de  $C'$ , et par son point de fuite  $f$ , qui est commun avec celui de  $ab$  (ce point de fuite n'est pas sur la ligne d'horizon si l'ouvrage est en pente).



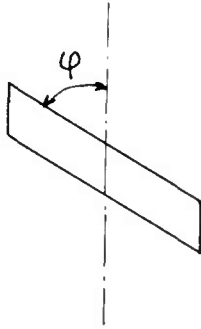
**Détermination de  $c' - cc'$**  est sur la verticale issue de  $o$  ( $c$  = perspective de  $C$ )

$$cc' = e = l' \operatorname{tg} \delta \frac{d}{D} \quad \text{avec } \operatorname{tg} \delta = \frac{Z_c}{D + l'}$$

cette formule n'est valable que si  $CC'$  est horizontal

**Détermination de  $f - f'$**  est l'intersection de  $ab$  et de la verticale issue de  $f_o$ , point de fuite de  $a_o b_o$  sur la ligne d'horizon (H).

## 2ème CAS



On a toujours :

$$\left\{ \begin{array}{l} o \alpha = L_A \times k_A \\ o \beta = L_B \times k_B \\ o \mu = \lambda \times k_M \end{array} \right. \quad \text{avec } k_A = \frac{d}{D + L_A \cotg \varphi}$$

$$k_B = \frac{d}{D - L_B \cotg \varphi}$$

$$k_M = \frac{d}{D + \lambda \cotg \varphi}$$

## 2 – DIMENSIONS ET ÉCHELLE DE LA PERSPECTIVE

Il est intéressant de connaître à l'avance l'encombrement d'une perspective ; souvent même, la place dont on dispose déterminera sa dimension maximale.

On peut aussi se fixer une échelle de hauteur en un point particulier de la perspective (sur l'axe de l'ouvrage, par exemple, ou encore à l'une des extrémités).

### 2.1 – La dimension maximale dans le sens horizontal est fixée

En remarquant que toutes les perspectives relatives à un même point de vue et à une direction déterminée sont homothétiques, le problème est alors de choisir celle qui rentre dans le cadre que l'on s'est fixé ; c'est uniquement une question d'échelle, ce qui revient à déterminer la distance  $d$  (distance de l'observateur sur tableau).

Soit le cas représenté à la planche V

on pose  $\alpha \beta = o \alpha + o \beta = p$

Les relations précédentes permettent d'écrire :

$$L_A \times \frac{d}{D_A} + L_B \times \frac{d}{D_B} = p$$

d'où

$$d = p \times \frac{D_A \times D_B}{L_A \times D_B + L_B \times D_A}$$

Exemple d'application (cas représenté à la planche V)

$$\varphi = 60 \text{ grades (cotg } \varphi = 0,72654)$$

$$L = 55 \text{ m} \quad l = 10 \text{ m} \quad l' = 12,4 \text{ m}$$

$$\lambda = 11 \text{ m} \quad Z_o = 1,5 \text{ m}$$

$$L_A = 37 \text{ m} \quad Z_A = 4,5 \text{ m} \quad D = 80 \text{ m}$$

$$L_B = 18 \text{ m} \quad Z_B = 6,5 \text{ m} \quad p = 0,250 \text{ m}$$

Les valeurs de  $D_A$  et de  $D_B$  sont :

$$D_A = 53,12 \text{ m}$$

$$D_B = 93,08 \text{ m}$$

$$\text{d'où } d = 0,25 \times \frac{53,12 \times 93,08}{3443,96 + 956,16} = 0,25 \times \frac{4944,4}{4400,1} = 0,2809 \text{ m}$$

$$\text{et } \begin{cases} k_A = \frac{0,2809}{53,12} = 0,005288 \\ k_B = \frac{0,2809}{93,08} = 0,003018 \end{cases}$$

Il y a lieu de noter que, dans le cas de perspectives très rapprochées de l'ouvrage à étudier, on sera parfois amené à ne pas représenter l'ouvrage dans sa totalité. A titre indicatif, on pourra limiter à 40 ou 50 grades la valeur des angles  $\widehat{AOC}$  et  $\widehat{BOC}$ .



Les éléments de la perspective de AB sont alors :

$$a_o' a \left\{ \begin{array}{l} o \alpha = 37 \times 0,005288 = 0,1957 \text{ m} \\ z_{a_o} = 1,5 \times 0,005288 = 0,0079 \text{ m} \\ z_a = 4,5 \times 0,005288 = 0,0238 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$b_o' b \left\{ \begin{array}{l} o \beta = 18 \times 0,003018 = 0,0543 \text{ m} \\ z_{b_o} = 1,5 \times 0,003018 = 0,0045 \text{ m} \\ z_b = 6,5 \times 0,003018 = 0,0196 \text{ m} \end{array} \right.$$

On vérifie immédiatement que  $o \alpha + o \beta = 0,1957 + 0,0543 = 0,250 \text{ m}$

Quant à la perspective de A'B', on l'obtiendra à partir de c (cf. p. 119)

$$a' b' \left\{ \begin{array}{l} Z_c = Z_A + 2,0 \times \frac{L_A}{L} = 4,5 + 1,35 = 5,85 \text{ m} \\ \text{tg } \delta = \frac{5,85}{92,4} = 0,0633 \text{ m} \\ e = 12,4 \times 0,0633 \times \frac{0,2809}{80} = 0,0028 \text{ m} \end{array} \right.$$

A titre de vérification, on s'assurera que la perspective de AB passe effectivement par le point c, perspective de C qui est obtenue très facilement : en effet, c est sur la verticale issue de o, à une hauteur au dessus de l'horizon telle que :

$$z_c = Z_c \times \frac{d}{D}$$

## 2.2 – L'échelle de hauteur en un point est fixée

L'exemple ci-après montre la manière de procéder

Soit le point M, à l'aplomb de l'axe des chaussées ; l'échelle de hauteur en ce point est fixée à  $\frac{1}{250}$ . Les relations de la page 118 permettent d'écrire :

$$z_m = Z_M \times k_M$$

d'où

$$k_M = \frac{1}{250}$$

en remplaçant  $k_M$  par sa valeur :  $\frac{d}{D - \lambda \cotg \varphi}$

$$\text{il vient} \quad d = \boxed{\frac{1}{250} \times (D - \lambda \cotg \varphi)}$$

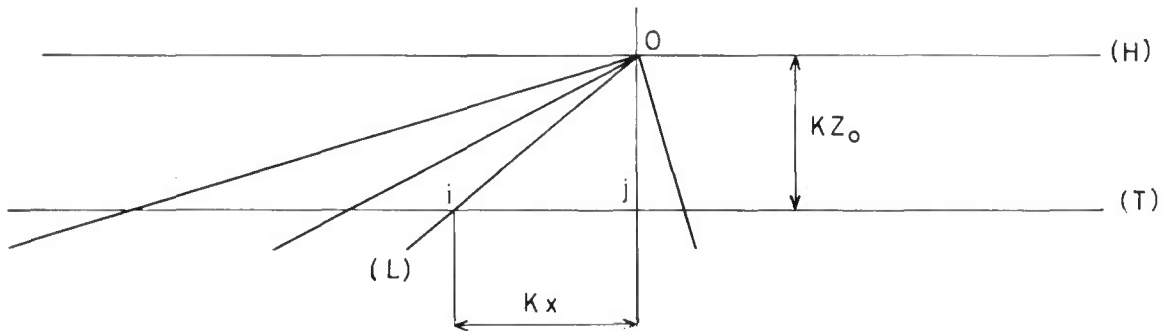
d étant connu, tous les éléments de la perspective s'en déduisent.

## 3 – PERSPECTIVE DE DROITES PARALLÈLES AU TABLEAU

C'est le cas des bords du tablier d'un ouvrage droit : leurs perspectives sont parallèles entre elles et à aussi à ces mêmes droites. Il suffit de déterminer une de ces perspectives ; les autres s'en déduisent par un décalage dans le sens vertical, que l'on obtiendra soit par simple application d'une échelle s'il s'agit de droites situées dans un même plan vertical, soit à l'aide de la formule  $e = l' \cdot \tg \delta \frac{d}{D}$  (cf. p.128 ), s'il s'agit de droites situées dans des plans verticaux différents.

#### 4 – PERSPECTIVES DE DROITES PERPENDICULAIRES AU TABLEAU

C'est le cas des lignes de chaussée, entre autres.



Toutes leurs perspectives convergent au point de fuite o, projection du point de vue sur le tableau ; il suffit donc, pour les tracer, d'en connaître un autre point.

Pour ce faire on trace une parallèle à (H), à une distance arbitraire  $K.Z_O$  en dessous : soit (T) cette droite. Si x est l'abscisse d'une des droites considérées (L) par rapport à o, sa perspective passe par le point i de la droite (T), tel que  $ij = K.x$  (j est la projection de o sur (T)). En particulier, si  $K = 1$ , i est la trace de (L) dans le plan du tableau.

##### Exemple d'application

Soit une droite située à 25 m à gauche de o, dans l'exemple précédent ; la hauteur de l'observateur au-dessus du sol est 1,50 m.

En prenant  $K = 0,02$ , on aurait :

$$\begin{cases} KZ_O &= 0,03 \text{ m} & \text{soit } 3 \text{ cm} \\ Kx &= 0,50 \text{ m} & \text{soit } 50 \text{ cm} \end{cases}$$

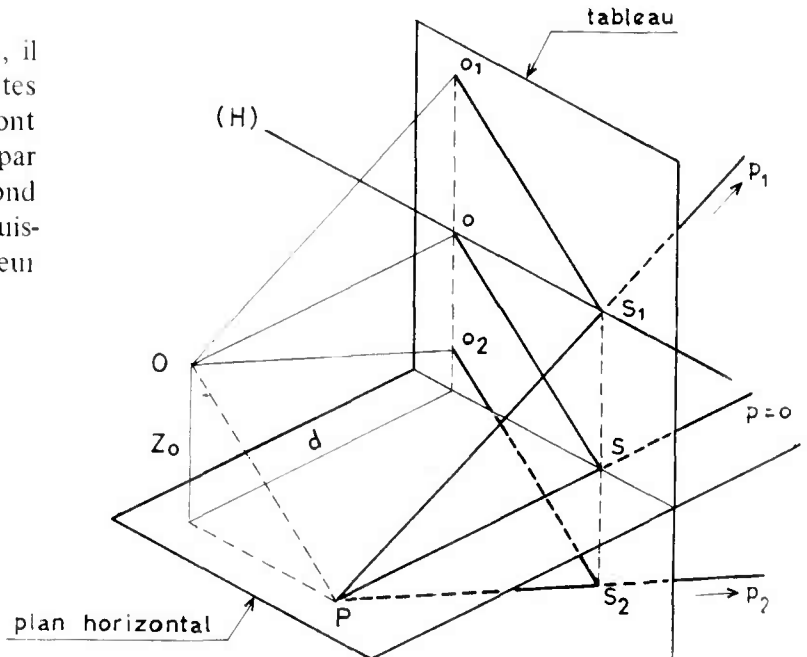
Si on estime que la valeur de 50 cm est trop grande, on prendra pour K une valeur plus faible.

#### 5 – CAS OÙ LA VOIE INFÉRIEURE EST EN PENTE

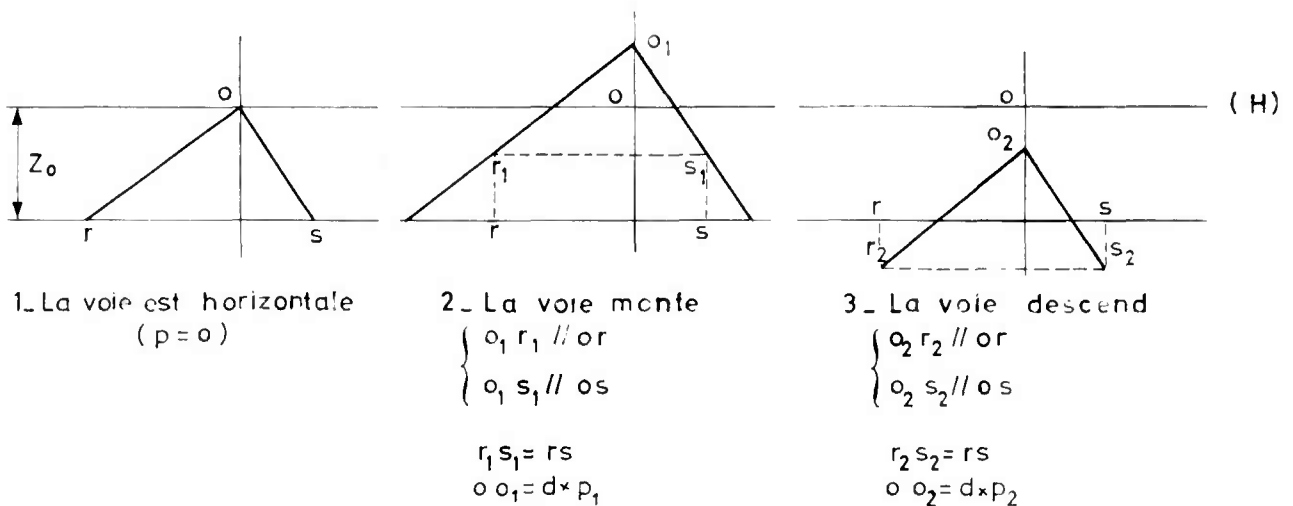
Dans ce qui suit le tableau est toujours supposé vertical, et l'œil de l'observateur situé à la même hauteur  $Z_O$  au-dessus de la chaussée.

Lorsque la voie inférieure est en pente, le point de fuite des perspectives de parallèles montantes sera décalé vers le haut par rapport à la ligne d'horizon (H) : inversement, celui des perspectives de parallèles descendantes le sera vers le bas. Quant à la direction de ces mêmes perspectives, elle possède la propriété remarquable de ne dépendre que de  $Z_0$  et d'être indépendante de la pente.

Pour s'en convaincre, il suffit de considérer un faisceau de droites situées dans un même plan vertical, et dont le sommet P appartient au plan passant par O et parallèle au tableau : il lui correspond en perspective un réseau de parallèles, puisque la perspective rejette à l'infini leur point commun.

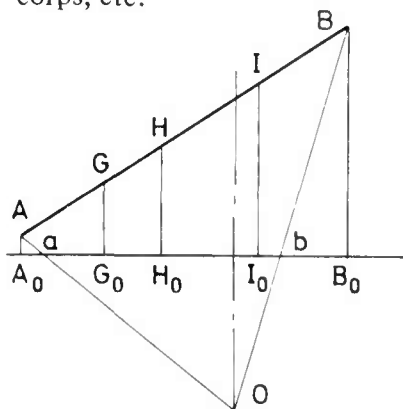


Les trois schémas perspectifs ci-après, relatifs à deux droites (R) et (S) de pente variable  $p$ , représentent respectivement le cas d'une voie horizontale, celui d'une voie montante et celui d'une voie descendante. Les points  $r$  et  $s$  sont les traces des droites (R) et (S) dans le plan du tableau ;  $d$  est la distance de l'observateur au tableau.

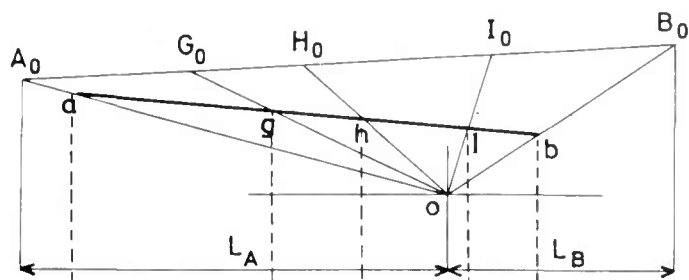


## 6 – CONSTRUCTIONS AUXILIAIRES

Ce sont des constructions qui permettent de résoudre directement certains problèmes de perspective sans utiliser la méthode générale qui vient d'être exposée. Le plus fréquemment rencontré est le suivant : « partager un segment de droite, en perspective, en parties représentant des longueurs données ». Ce dernier problème se rencontre notamment lorsque l'on a affaire à des éléments répétitifs comme, par exemple, les colonnes d'une palée, le barreaudage vertical d'un garde-corps, etc.

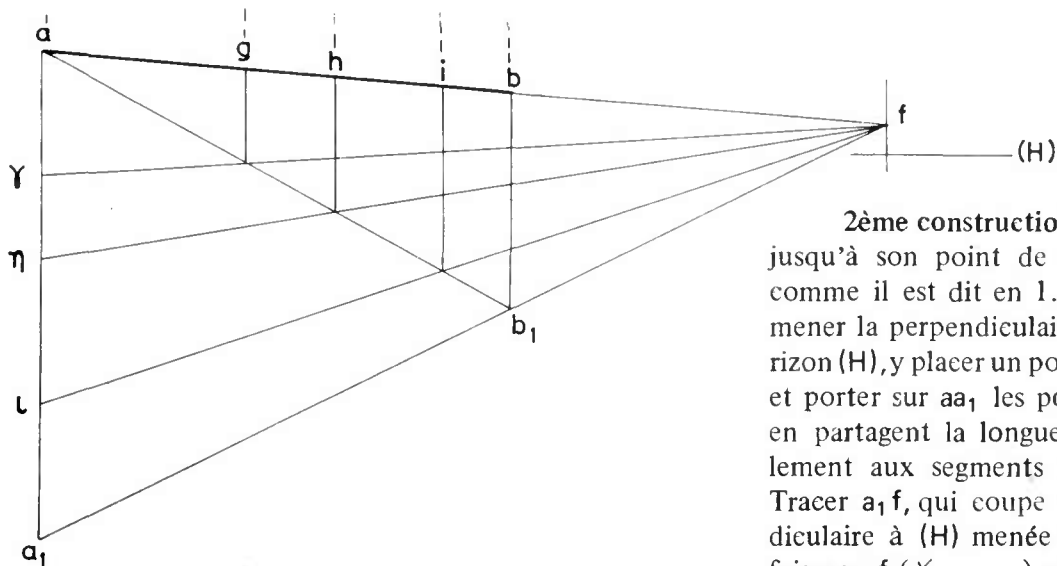


Soit  $ab$  la perspective d'une portion de droite  $AB$ , quelconque dans l'espace (cas représenté à la planche V) il s'agit de construire les points  $g, h, i$  tels que les segments  $ag, gh, hi, ib$ , correspondent aux longueurs réelles des segments  $AG, GH, HI, IB$ , sur  $AB$ . On utilisera l'une des deux constructions ci-après.



**1ère construction** . Prolonger  $oa$  et  $ob$  respectivement jusqu'en  $A_0$  et  $B_0$ , projections de  $A$  et de  $B$  sur le tableau (l'abscisse de  $A_0$  est  $-L_A$  et celle de  $B_0$  est  $+L_B$ ). Sur  $A_0B_0$  placer les points  $G_0, H_0, I_0$ , projections de  $G, H, I$ .

Les intersections de  $oG_0, oH_0, oI_0$ , avec  $ab$  sont les points cherchés.



**2ème construction** . Prolonger  $ab$  jusqu'à son point de fuite  $f$  déterminé comme il est dit en 1.1.2 (p.128 ). De  $a$  mener la perpendiculaire à la ligne d'horizon  $(H)$ , y placer un point  $a_1$  quelconque et porter sur  $aa_1$  les points  $\gamma, \eta, \iota$ , qui en partagent la longueur proportionnellement aux segments  $AG, GH, HI, IB$ . Tracer  $a_1f$ , qui coupe en  $b_1$  la perpendiculaire à  $(H)$  menée de  $b$ , ainsi que le faisceau  $f(\gamma, \eta, \iota)$  et joindre  $ab_1$  : les intersections de  $ab_1$  avec  $f\gamma, f\eta, f\iota$  donnent l'abscisse des points  $g, h, i$ , que l'on obtient par relèvement.

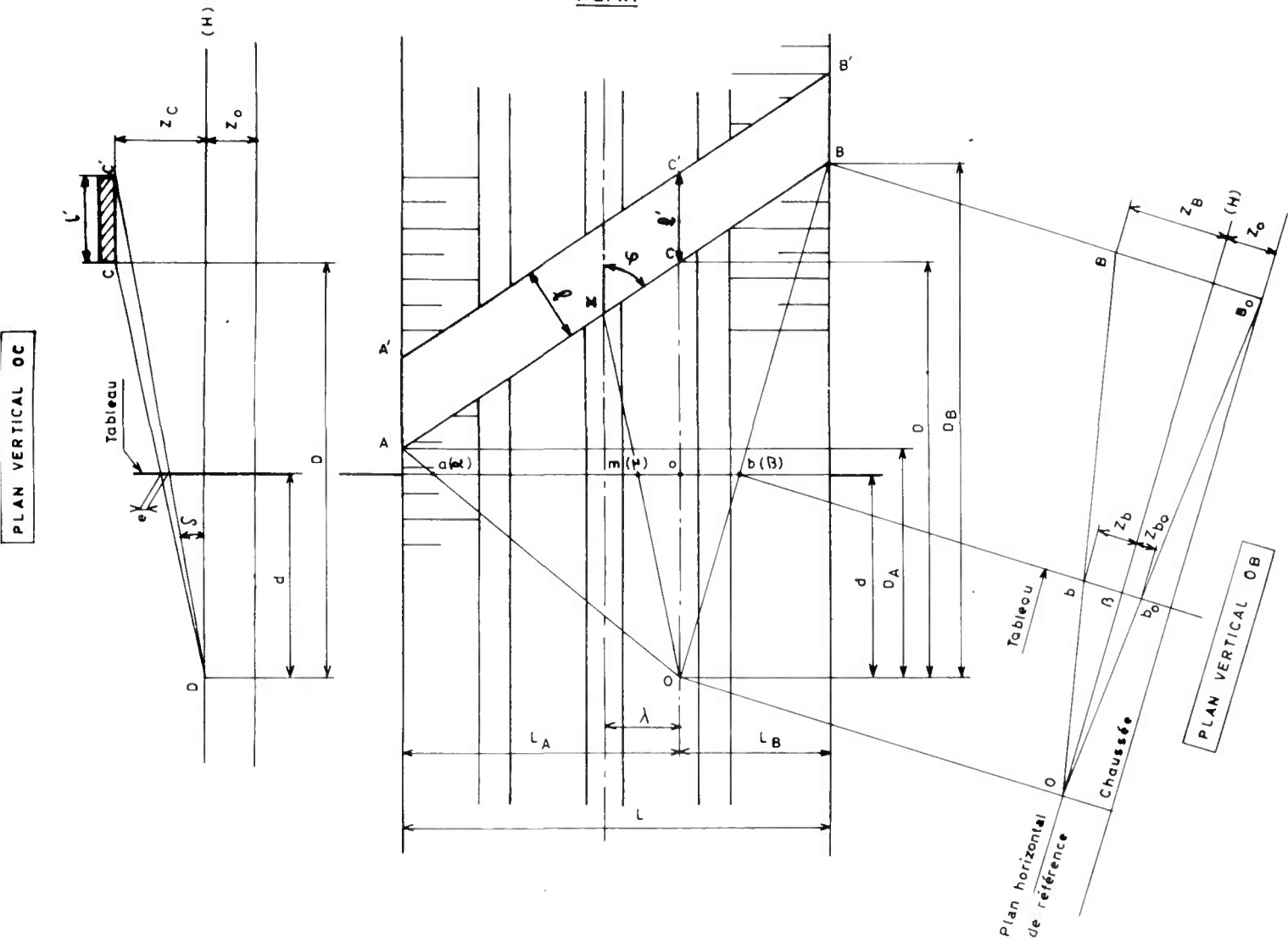
## 7 – CONDUITE PRATIQUE DES CALCULS

Les calculs seront résumés dans un tableau. Un modèle en est donné ci-après :  
l'exemple traité est celui de la page 132 (cas où une échelle est fixée).

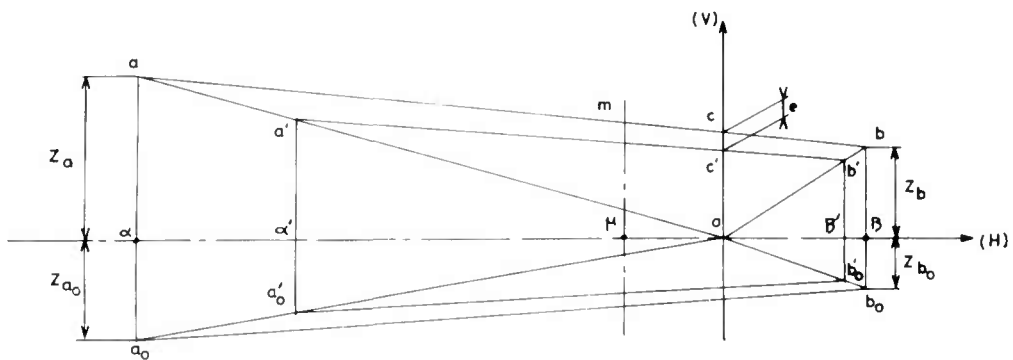
	Points	A $\alpha \quad a_o \quad a$	B $\beta \quad b_o \quad b$	A' $\alpha' \quad a'_o \quad a'$	B' $\beta' \quad b'_o \quad b'$	Observations
Données	<p>Échelle au point P (sur l'axe de l'autoroute)</p> <p>Largeur de la perspective</p> <p>d</p>	$D_p = 72,01 \quad K = \frac{1}{250} \rightarrow d \quad (1)$  $p = \dots \rightarrow d \quad (2)$  $d \quad (1) = 0,2880$				$d = \begin{cases} K \cdot D_p & (1) \\ p \frac{D_A \cdot D_B}{L_{ADB} + L_{BDA}} & (2) \end{cases}$
Coordonnées de O	<p>D</p> <p><math>\lambda</math></p> <p><math>Z_o</math></p>	<p>80</p> <p>11</p> <p>1,50</p>				
Elements du calcul de k	<p><math>\varphi</math></p> <p>l      l'</p> <p>L</p>	<p>60 grades</p> <p>l = 10      l' = 12,36</p> <p>55</p>				<p><math>\cotg \varphi = 0,72654</math></p> <p><math>\frac{1}{\sin \varphi} = 1,236</math></p>
	<p><math>L_A</math>      <math>L_B</math></p> <p><math>DA, A'</math>      <math>DB, B'</math></p> <p><math>ZA</math>      <math>ZB</math></p>	<p>37</p> <p>53,12</p> <p>4,50</p>	<p>18</p> <p>93,08</p> <p>6,50</p>	<p>37</p> <p>65,48</p> <p>4,50</p>	<p>18</p> <p>105,44</p> <p>6,50</p>	<p><math>DA = D \pm L_A \cotg \varphi</math></p> <p><math>DB = D \pm L_B \cotg \varphi</math></p> <p><math>DA' = DA + l'</math></p> <p><math>DB' = DB + l'</math></p>
	k	0,005422	0,003094	0,004398	0,002731	$k = \frac{d}{DA}, \frac{d}{DB}, \dots$
	<p>abscisses <math>\left\{ \begin{array}{l} - \\ + \end{array} \right.</math></p> <p>ordonnées <math>\left\{ \begin{array}{l} - \\ + \end{array} \right.</math></p>	<p>0,2006</p> <p>—</p> <p>0,0081</p> <p>0,0244</p>	<p>—</p> <p>0,0557</p> <p>0,0046</p> <p>0,0201</p>	<p>0,1627</p> <p>—</p> <p>0,0066</p> <p>0,0198</p>	<p>—</p> <p>0,0492</p> <p>0,0041</p> <p>0,0178</p>	<p><math>o\alpha = k_A \cdot L_A</math></p> <p><math>o\beta = k_A \cdot L_B</math></p> <p><math>z_{a_o} = k_A Z_o \quad z_{b_o} = k_B \cdot Z_o</math></p> <p><math>z_a = k_A Z_A \quad z_b = k_B Z_B</math></p>
Perspective	a' b'	<p>(<math>Z_c = 5,85</math>)      e = 0,0028</p>				<p><math>e = l' \frac{Z_c}{D + l'} \cdot \frac{d}{D}</math></p>

# Pl. V

## PLAN



## PERSPECTIVE DE AA'B'B



# CONSEILS POUR LA RÉALISATION D'UNE MAQUETTE

Si l'ouvrage présente des formes compliquées ou encore s'il doit être vu sous des angles divers - tel est le cas d'un échangeur en zone urbanisée - il ne faudra pas hésiter à en faire une maquette et, si cela paraît justifié, à la photographier.

Ces travaux peuvent fort bien être exécutés dans un esprit d'économie par un dessinateur possédant, entre autres qualités, de l'imagination et de l'initiative, ainsi que le souci du détail et du travail bien fini.

Si l'on en assure soi-même la réalisation, on trouvera ci-après quelques conseils pour en mener à bien la réalisation.

Les phases du travail sont les suivantes :

- choix de l'échelle,
- choix des matériaux,
- mise en forme et assemblage,
- présentation.

## CHOIX DE L'ECHELLE

L'échelle est la caractéristique qu'il faut arrêter en tout premier lieu. La borne supérieure de l'échelle est donnée par l'encombrement de la maquette, lequel doit être compatible avec l'espace de travail et les dispositifs de rangement dont on dispose ; la borne inférieure est déterminée par la dimension que l'on donnera à certains détails. S'il y a incompatibilité entre ces deux bornes, on peut envisager une maquette d'ensemble d'échelle réduite et une ou plusieurs études de détail : c'est la méthode traditionnelle du dessin technique. Néanmoins, cette manière de procéder doit rester l'exception et l'on s'efforcera d'éviter cette dispersion en choisissant judicieusement l'échelle dès l'origine de l'étude.

L'échelle est aussi fonction de l'importance de l'ouvrage : par exemple, un pont-cadre de 8m d'ouverture sera traité à l'échelle de 1/50 et une travée indépendante de 40 m de portée sera convenablement représentée au 1/100 ; dans le cas d'un échangeur complexe, on envisagera des échelles plus réduites, sans descendre toutefois au-dessous du 1/500, qui semble devoir être considérée comme une valeur limite.

## CHOIX DES MATÉRIAUX

L'échelle étant fixée, il convient de choisir judicieusement les matériaux, qui peuvent être différents selon les éléments de l'ouvrage ; il n'y a, en effet, aucune raison d'employer la même matière pour représenter un talus et un mur en béton, par exemple.



Le choix des matériaux est important et doit, à notre avis, reposer sur les critères suivants :

- être résistants,
- être indéformables,
- être faciles à travailler et à assembler,
- être susceptibles d'offrir un bon surfaçage.

Disons tout de suite un mot sur le support ou socle de la maquette, car ce point risque d'être négligé et est d'une importance capitale pour la suite ; le socle de montage doit être parfaitement rigide ; il pourra être constitué à l'aide d'une feuille de contre-plaqué munie de raidisseurs.

Le bois, sous certaines formes, répond à ces critères et l'on portera son choix sur le «BALSA» : il est léger, indéformable, il se travaille facilement à la lame, et il existe pratiquement en toute épaisseur. Le contre-plaqué sera réservé pour constituer le socle, comme il vient d'être dit.

D'autres matériaux peuvent être utilisés, notamment pour la confection des talus et quarts de cône. Le polystyrène expansé semble bien convenir pour la réalisation du modelé des terres ; il est facile à travailler, il n'exige pas d'outillage spécial, et existe en blocs ou en plaques de grandes dimensions ; par contre, il ne se prête pas à une grande précision dans le détail.

Les garde-corps et glissières seront traités dans un esprit de vérité et dans une matière se prêtant à un travail en finesse. Les métaux qui semblent le mieux répondre à ces conditions sont le cuivre et le laiton, à la fois résistants, faciles à travailler et à assembler (soudure).

## MISE EN FORME ET ASSEMBLAGE

Deux cas à envisager ici :

- 1 – la maquette est assemblée de façon définitive par collage .
- 2 – certains éléments sont amovibles.

Si la deuxième solution présente l'avantage de laisser la possibilité d'interchanger des éléments comme, par exemple, les appuis d'un tablier, il est déconseillé de réaliser des éléments de grandes dimensions interchangeables, car la complexité des assemblages en réduit alors l'intérêt. Ce moyen d'étude doit, en effet, rester rapide et peu onéreux.


## PRÉSENTATION

Les éléments de la maquette seront enfin traités de façon à traduire au plus près la réalité. Les surfaces lisses seront passées à l'enduit et recouvertes d'une couche de peinture mate ; les chaussées pourront être traitées par collage de papier à dessin ; les arbres et arbustes seront traités avec des lichens ; le floquage sera utilisé pour représenter le gazon.

## DOMAINE D'EMPLOI ET PRÉDIMENSIONNEMENT DES TABLIERS

L'étude esthétique d'un ouvrage demande la connaissance approchée de ses dimensions, telles qu'il est d'usage de les définir au niveau de l'avant-projet. A cet effet nous donnons dans le tableau ci-après le domaine d'emploi usuel des ouvrages courants et l'ordre de grandeur de leur épaisseur. Pour des renseignements plus précis, se reporter :

- pour les ponts types, au Catalogue et aux dossiers-pilotes,
- pour les ponts spéciaux, au document type EST 67, chapitre 6 (ou à ses éditions ultérieures).

	TYPE D'OUVRAGE	ANGLE DE BIAIS mini	(1) DIMENSIONS TRANSVERSALES					PORTÉES MAXIMALES		(2) ÉPAISSEUR UTILE ou ÉLANCEMENT						OBSERVATIONS  unités { le grade le mètre
			Largeur utile	Encorbellements		épr. cte		épr. var.	1 travée	2 travées		≥ 3 travées				
				E maxi	D mini L	1 travée	≥ 2 travées			épr. cte	épr. var. appui	épr. cte	épr. var. appuis	épr. cte	épr. var. abouts	
STRUCTURES EN BÉTON	Pont-cadre (B.A.)	60	15	—	—	10	—	—	1 / 25	—	—	—	—	—	<div>(1) </div> <div>(2) épaisseur vue H = épaisseur utile + { ≈ 0,20 m (P.I.) ≈ 0,25 m (P.S.)</div> <div>(3) ℓ = portée biaise déterminante</div>	
	Portique (B.A.)	70	15	—	—	20	—	—	1 / 25	—	—	—	—	—		
	Pont dalle simple { B. A. B. P. }	70	15	1/5 ℓ <sup>(3)</sup>	1/2	15	18	—	1 / 22	1 / 23	—	—	1 / 28	—		—
		60	15	1/5 ℓ <sup>(3)</sup>	1/2	22	25	—	1 / 25	1 / 28	—	—	1 / 33	—		—
		35	15	—	—	40	—	—	1 / 33	1 / 37	—	—	1 / 37	—		—
	Pont en dalle élégie (B.P.)	60	15	—	—	—	30	35	—	1 / 25	1 / 20	1 / 30	1 / 30	1 / 27		1 / 42
	Pont dalle à 1 nervure (B.P.)	35	11	1/5 ℓ <sup>(3)</sup>	1/2	—	30	35	—	1 / 25	1 / 20	1 / 30	1 / 30	1 / 27		1 / 42
	Pont à caissons (B.P.) solidaires	50	toute	3	—	—	40	—	—	1 / 25	—	—	1 / 30	1 / 20		1 / 40
	Pont à poutres { B. A. B. P. }	40	toute	1,5	—	27	—	—	1 / 17	—	—	—	—	—		—
80		toute	2,5	—	50	—	—	1 / 16	—	—	—	—	—	—		
Pont à béquilles (B.P.)	80	15	1,5	—	—	—	35	—	—	—	—	—	1 / 20	1 / 30		
STRUCTURES EN MÉTAL	Pont en ossature mixte acier - béton	50	15	1	—	50			—	1 / 25	1 / 20	1 / 30	1 / 30	—	—	
	Caisson métallique	tout	toute	4	—	importantes			—	1 / 30	—	—	1 / 35	1 / 25	1 / 45	

**Page laissée blanche intentionnellement**

**Page laissée blanche intentionnellement**