

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**  
DIRECTION GÉNÉRALE DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

Extraits du dossier

**MRB.BP 78**

**PONTS-DALLES en BÉTON PRÉCONTRAIT**

calculés par la **MÉTHODE**  
des **RÉFLEXIONS**  
**BIHARMONIQUES**



DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

Dossier Pilote

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

-----

Dans l'attente de la publication officielle du B P E L,  
il s'est avéré utile d'éditer un extrait du dossier M R B BP 78.

D'une part, le programme qui fait partie de cet extrait  
est plus performant que celui de l'ancienne version et, d'autre  
part, la pièce de présentation générale indique des recommanda-  
tions très importantes qui ne figuraient pas dans l'ancien dossier.

Comme il s'agit d'un extrait, nous prions les lecteurs de  
nous excuser pour les renvois qui se réfèrent à des pièces devant  
paraître plus tard, mais qui ne nuisent ni à la compréhension, ni  
à l'exploitation des pièces éditées.

-----

LISTE DES PIECES COMPOSANT CET EXTRAIT

- pièce 0 : Présentation générale
- pièce 1.3 : Bordereaux des données M R B - B A
- pièce 1.4 : Commentaire des données M R B - B A
- pièce 1.5 : Bordereaux des données M R B - B P
- pièce 1.6 : Commentaire des données M R B - B P



**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**

DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

CALCUL ÉLECTRONIQUE DES STRUCTURES

**MRB.BP 78**

**O**

**PRÉSENTATION GÉNÉRALE**

MAI 1978

Document réalisé et diffusé par la Division des Ouvrages d'Art du  
46, av. Aristide Briand - 92223 BAGNEUX - Tél. 664.14.77

**SETRA**

## SOMMAIRE

	Page
0 - PREAMBULE	1
1 - PROGRAMME DE CHARGES D'UN PONT-DALLE BIAIS A UNE TRAVEE	5
2 - PROGRAMME DE CHARGES D'UN PONT-DALLE A PLUSIEURS TRAVEES SOLIDAIRES	18
3 - OBJET DU DOSSIER-PILOTE MRB.BP 78	23
4 - LES RECHERCHES ENTREPRISES DANS LE DOMAINE DES PONTS-DALLES	25
5 - RECOMMANDATIONS RELATIVES AU CALCUL MRB ET AU FERRAILLAGE DES DALLES DE BIAIS PRONONCE	29
6 - FISSURATION DES PONTS-DALLES LARGES ET EVENTUELLEMENT BIAIS	32
7 - ANALYSE DU SOUS-DOSSIER N° 1	47
8 - ANALYSE DU SOUS-DOSSIER N° 2	50
9 - ANALYSE DU SOUS-DOSSIER N° 3	55
10- ESTIMATION DU COUT D'UNE NOTE DE CALCUL MRB	56
11- ANNEXE - " BIAIS NORMALISES "	57

-----  
Le chapitre 1 et une partie du chapitre 2 sont essentiellement  
une reprise de la Mise à jour n° 1 du dossier MRB.BP 70  
( pièce 4.5 du dossier SURCH 71 ).

Les chapitres 3, 4, 7, 8 et 9 reprennent pour l'essentiel le  
texte de la présentation du dossier MRB.BP 70 en l'actualisant.



## O . PRÉAMBULE

### O.1 - NOUVEAUTÉS DU DOSSIER MRB-BP 78.

Le dossier MRB-BP 78 annule et remplace le dossier MRB-BP 70 diffusé en Septembre 1970 et la mise à jour n° 1 en Juin 1972.

Par rapport à l'ancien dossier, le dossier MRB-BP 78 comporte les nouveautés suivantes :

Pièce 0 - Présentation générale.

Pièce 1.8 - "Le prédimensionnement des ponts-dalles biais en béton précontraint". Cette pièce annule et remplace la pièce 2.1.4 intitulée "Le dimensionnement du tablier".

Elle fournit l'épaisseur de dalle et la force de précontrainte d'un pont-dalle à travée unique ou à plusieurs travées continues conformément au règlement de charges 1971 (fascicule 61, titre II du CPC) et à l'Instruction Provisoire n° 2 relative à l'emploi du béton précontraint (circulaire n° 73-153 du 13 Août 1973, en abrégé IP2).

Pièces 1.3 à 1.6 - "Les programmes MRB-BA et MRB-BP 78". Ces programmes permettent le calcul des ponts-dalles rectilignes ou courbes aux bords libres circulaires et concentriques . Ces pièces annulent et remplacent les pièces de mêmes appellations de l'ancien dossier MRB-BP 70.

Pièce 2.3 - "Fiches techniques" indiquant les caractéristiques techniques (plans de coffrage et de câblage) de quatre travées indépendantes en béton précontraint.

Depuis la parution du dossier PIPO, les travées indépendantes sont nettement moins compétitives que les portiques ouverts du point de vue économique (de 20 % à 40 %), par conséquent, nous ne jugeons pas utile la diffusion générale de ces fiches techniques. Cependant, elles pourront être diffusées à la demande expresse de l'utilisateur.

Sous-dossier 3 - "Les ponts-dalles biais à travées solidaires" fournissant la méthode à suivre, pour étudier les ponts-dalles biais en béton précontraint à plusieurs travées conformément au fascicule 61, titre II du CPC et à l'IP 2. Le sous-dossier fournit un exemple relatif à un ouvrage à 3 travées avec ses plans de coffrage, de câblage et de ferrailage.

### O.2 - APPORT DU PROGRAMME MRB 78

Depuis le premier Mai 1972 les programmes de calcul automatique MRB sont exploités au centre de calcul du S.E.T.R.A. à BAGNEUX.

Les programmes MRB existent actuellement en deux versions :

- Le MRB 70 constitué par les programmes MRB-BA et MRB-BP, dont les bordereaux de données commentés figurent dans le dossier-pilote MRB-BP 70 (épuisé)

Les utilisateurs qui possèdent ce dossier peuvent toujours utiliser les bordereaux MRB-BP 70 pour commander leurs calculs.



- Le MRB.78 dont les bordereaux de données sont marqués du sigle afin de les distinguer des bordereaux du MRB.70. Ces bordereaux se trouvent dans les pièces 1.1 et 1.3 du présent dossier.

Par rapport à MRB 70, le MRB 78 présente les facultés supplémentaires suivantes et sera appelé à se substituer à la version antérieure MRB 70 :

- les points d'appui ne sont pas disposés impérativement au droit des noeuds du maillage, ils peuvent être situés sur une ligne (ou une colonne) à mi-distance de deux noeuds ou au centre d'une maille. Cependant, il est, dès à présent, signalé à l'utilisateur que les points d'appui d'une même ligne d'appui doivent être parfaitement alignés (pour ce faire, voir plus loin, annexe \*), si non le calcul des réactions d'appui sera faussé par des effets d'encastres parasites au niveau des lignes d'appui,

- le domaine d'application est étendu aux ponts-dalles courbes à bords circulaires et concentriques;

- les nouvelles charges réglementaires des ponts-routes y sont incorporées. Alors que dans la version MRB 70, ces charges ne pouvaient être introduites que sous forme de charges rectangulaires (pondérées évidemment avec les coefficients  $a_1$  et  $a_2$  suivant la classe de l'ouvrage et le nombre de voies chargées);

- la possibilité d'étudier les ponts-dalles biais conformément à l'IP 2 (combinaison de deux valeurs caractéristiques de la précontrainte avec celles de la charge permanente, calcul du ferrailage passif parallèle et perpendiculaire à la direction de la précontrainte)

- le calcul systématique de l'état de flexion de la dalle sous l'effet de la précontrainte seule, permettant la modulation de la force de précontrainte si cela s'avérait nécessaire, ou bien le calcul de l'état de flexion aux différentes phases de la construction. En général, les états de flexion à étudier correspondent à :

1°/ la superposition de la charge permanente avec sa valeur caractéristique maximale, de la précontrainte avec sa valeur caractéristique minimale et des différents cas de chargement par les charges d'exploitation.

2°/ La superposition de la charge permanente avec sa valeur caractéristique minimale (éventuellement sans les superstructures suivant le phasage de la construction) et de la précontrainte avec sa valeur caractéristique maximale.

Dans le cas de ponts courbes, si l'ouvrage présente un rapport de forme  $\eta = \frac{\text{largeur}}{\text{portée}}$  faible (inférieur à 0,40), il est conseillé d'employer le programme PSCURB pour les ouvrages biais et le programme CCC pour les ouvrages aux appuis radiaux. La raison pour laquelle le rapport de forme  $\eta$  doit être faible est que ces programmes utilisent la méthode du calcul de poutre et ne prennent pas en compte l'effet de dalle. On aura recours également à ces programmes si les ouvrages présentent des courbures variables.

\* Cette annexe est intitulée "biais normalisés".

(  
( Dans le cas de ponts droits, de largeur faible (rapport de forme  
( également inférieur à 0,4) on peut se dispenser d'un calcul par la méthode MRB  
( et effectuer un calcul de poutre sur appuis biais, soit en utilisant le program-  
( me EUGENE, soit le programme BIAIS de la bibliothèque de programmes élémentaires  
( d'ouvrages d'art.

(  
( Recommandation importante - Avant de remplir les bordereaux de données MRB, il  
( est vivement conseillé à l'utilisateur de dessiner le modèle de l'ouvrage sur  
( le maillage. Dans le cas de pont courbe, il peut demander au gestionnaire du  
( programme le dessin automatique de ce maillage sur calque, en précisant les  
( caractéristiques géométriques de l'ouvrage. Ce dessin du modèle permet de sim-  
( plifier, voire de modifier certains éléments de la structure à étudier.

(  
( En outre, nous recommandons à l'utilisateur de choisir, pour  
( le modèle MRB, les biais géométriques et les portées les plus rapprochés possi-  
( bles des valeurs réelles, tout en conservant les portées droites du modèle MRB  
( légèrement supérieures à celles de l'ouvrage réel. Cette mesure a pour objet  
( d'obtenir une marge suffisante de sécurité, car les efforts de flexion sont  
( approximativement dans le rapport des carrés des portées droites.

*Tout renseignement complémentaire concernant le présent dossier-  
pilote et les programmes de calcul électronique associés peut être  
obtenu en s'adressant à :*

S.E.T.R.A.  
Division des Ouvrages d'Art  
Arrondissement T1  
B.P. 100 - 92223 BAGNEUX

Tél : 664 14 77

0.3 - ONT PARTICIPE A L'ELABORATION DU PRESENT DOSSIER :

Les dossiers et programmes associés ont été établis au S.E.T.R.A., sous l'autorité de MM. MATHIEU Chef de la DOA.B (jusqu'en 1977) et LE FRANC, Directeur de la DOA (à partir de 1978).

Pour le dossier :

J.C. LERAY - *Ingénieur des Ponts et Chaussées (dossier MRB.BP 70)*

J. NOURISSON - *Ingénieur des Ponts et Chaussées ( de 1971 à 1978)*

J. DISPERATI - *Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat (de 1963 à 1967)*

J.P. MUSSI - *Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat (de 1967 à 1973)*

HUYNH HUNG - *Diplômé de l'ENPC (à partir de 1973)*

Pour la théorie du calcul des plaques minces par la méthode des réflexions bi-harmoniques :

J. LERAY - *Professeur au Collège de France*

PHAM THE LAI - *Docteur ès Sciences*

Mme S. BERGERON - *Maître-Assistant à la Faculté des Sciences d'Orsay*

NGUYEN VAN KE - *Diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique*

Pour l'analyse et la programmation :

outre MM. DISPERATI , J.P. MUSSI et HUYNH HUNG

C. MONNET - *Diplômé de l'I.N.S.A. de Lyon (de 1968 à 1969)*

C. LACARRIERE - *Diplômé de l'I.N.S.A. de Lyon (de 1969 à 1970)*

SIMON - *Diplômé de l'I.N.S.A. de Lyon.*

ASMAR - *Diplômé de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.*

Il a été fait aussi appel à :

- l'Institut de Calcul Scientifique de la Compagnie I.B.M.-FRANCE, 116, Avenue de Neuilly - 92 - NEUILLY SUR SEINE -, pour la mise au point initiale des programmes ;
- la Cellule d'Esthétique de la Division des Ouvrages d'Art et l'Arrondissement du Paysage du S.E.T.R.A., pour les problèmes d'aspect ;
- la Compagnie C.I.C.E.C., Passage Dubail - PARIS 10°, pour les modèles d'application.

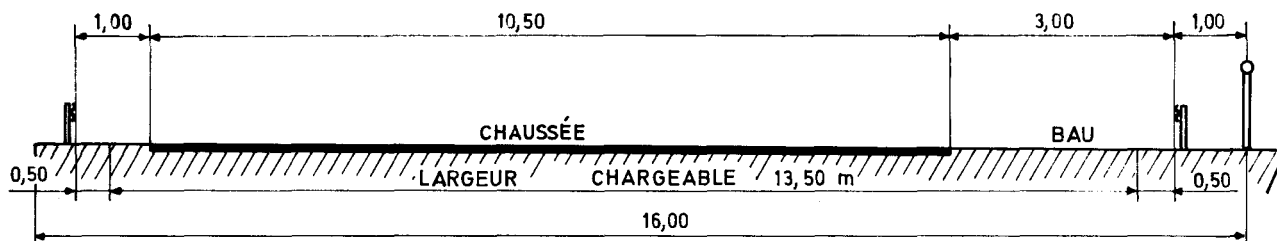
Le pool des dessinateurs et celui des dactylos de la Division des Ouvrages d'Art ont mis au net la totalité des pièces.

## CHAPITRE 1

## PROGRAMME DE CHARGES D'UN PONT-DALLE BIAIS A UNE TRAVÉE \*

1.1 - BASES DU CALCUL.1.1.1 - Ouvrages étudiés.

4 passages inférieurs autoroutiers du type Saut de Mouton Standard dont les profils transversaux sont identiques.



Conformément à l'article 3 du règlement de charges 1971, ces PI sont rangés en 1ère classe.

Les caractéristiques géométriques en plan sont les suivantes :

	Sigle	Portée droite	Portée biaise
Ouvrage à 35 grades	6 . 143 . 35 \ 143	17,50 m	33,50 m
	6 . 142 . 35 \ 143	13,00 m	24,90 m
Ouvrage à 50 grades	6 . 143 . 50 \ 143	17,50 m	24,75 m
	6 . 142 . 50 \ 143	13,00 m	18,40 m

1.1.2 - Programmes de charges envisagés.Règlement de surcharge 1960 :

. Système A( $\ell$ )

Appliqué sur les 4 voies de circulation que comporte le profil transversal envisagé (chaussée + BAU).

Règlement de charges 1971 :

. Système A( $\ell$ ) et système B<sub>c</sub>

Ces deux systèmes sont appliqués successivement sur 4 voies, 3 voies excentrées, 2 voies excentrées, 2 voies centrées, et sur les 2 voies limitant la largeur chargeable. Longitudinalement le système B<sub>c</sub> comporte 2 camions accolés par file.

\* Le présent chapitre est une reprise pour l'essentiel de la mise à jour n° 1 (pièce 4.5 du dossier SURCH 71) datée de Juin 1972.



. Système B<sub>t</sub>

Le système comporte deux tandems contigus de front dont le centre de gravité de l'impact est successivement centré et excentré par rapport à l'axe longitudinal de l'ouvrage.

. Charges militaires

Elles sont limitées au véhicule-type à chenilles M<sub>c</sub> 120 ; celui-ci est envisagé dans deux positions transversales, centré et excentré par rapport à l'axe longitudinal de l'ouvrage.

. Charges exceptionnelles

Compte tenu des portées biaises envisagées (18,40 à 33,50 m) une seule remorque des convois-types D et E est disposée sur l'ouvrage ; celle-ci est supposée successivement centrée et excentrée par rapport à l'axe longitudinal de l'ouvrage.

Les charges civiles (systèmes A et B) sont pondérées par le coefficient 1,2 dans les exemples traités.

Conformément à la directive provisoire DELTA 70 de Janvier 1970 relative à l'admission éventuelle des engins lourds de terrassement sur les ouvrages d'art, il a été envisagé les engins de terrassement de 23 m<sup>3</sup> et 34 m<sup>3</sup> appliqués au centre de l'ouvrage et leurs effets sont affectés d'un coefficient de majoration dynamique de 1,5 et d'un coefficient de pondération de 1,2.

Longitudinalement, les charges sont disposées de la manière suivante :

- la charge A( $\ell$ ) est appliquée sur toute la longueur de la travée ;
- les camions d'une même file et les autres charges envisagées ont le centre de gravité de leur impact au voisinage d'une droite passant par le centre de la travée et un point du bord libre ; la distance entre ce point et l'angle obtus varie de  $0,25\ell$  à  $0,40\ell$  ( $\ell$  = portée biaise) quand le biais géométrique de l'ouvrage varie de 20 à 50 grades.

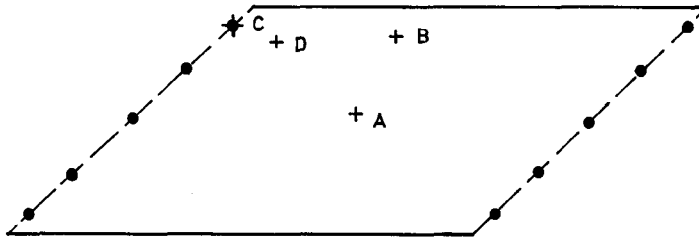
Ces dispositions relatives à la position des charges dans le sens longitudinal résultent de l'observation des surfaces d'influence des efforts aux points critiques dans les dalles biaises ; elles ont l'avantage d'aboutir avec une bonne approximation aux valeurs enveloppes des efforts pour l'ensemble des points critiques sans pour autant multiplier le nombre de chargements statiques.

1.1.3 - Programme d'étude.

Sous l'influence des charges énoncées au paragraphe précédent, nous avons étudié les éléments de réduction du tenseur de flexion en 4 points critiques situés :

- au centre de symétrie de l'ouvrage (point A),
- au voisinage du bord libre à 0,4 fois la portée biaise à partir de l'angle obtus (point B),

- au droit de l'appui de l'angle obtus (point C)
- au voisinage de l'angle obtus (point D)



Les éléments de réduction du tenseur de flexion, moments principaux et direction principale, sont comptés en valeur algébrique ; le moment maximum  $M_y$  et le moment minimum  $M_x$  sont respectivement le plus grand et le plus petit en valeur algébrique des moments principaux (cf. dossier MRB.BP 78, pièce 1.2 § 1.4).

Les valeurs obtenues, résultant d'un calcul automatique par le programme MRB, sont rapportées dans les tableaux I à V figurant à la fin du présent chapitre.

#### 1.2 - COMMENTAIRES DES VALEURS OBTENUES POUR LES CHARGES DU REGLEMENT 1971.

Pour clarifier notre étude nous avons adopté une règle simple pour positionner longitudinalement les différentes charges (cf. § 1.1.2) et recherché les efforts en des points bien particuliers de la dalle (cf. § 1.1.3) ; dans ces conditions, il est évident que si les valeurs rapportées dans les tableaux I à V ne correspondent pas toujours à des maximums maximums, elles ont le mérite de fournir à l'utilisateur des éléments pour juger de la prédominance de telle ou telle charge.

##### 1.2.1 - Directions principales.

Les directions principales sont plus sensibles aux variations de charges dans le cas des ponts larges : 16 grades en moyenne pour un rapport  $2b_0/l_0$  (largeur droite sur portée droite) égal à 0,9 (cf. tableaux I et III) et 25 à 30 grades en moyenne pour un rapport  $2b_0/l_0$  égal à 1,2 (cf. tableaux II et IV). Mais dans tous les cas, les charges prépondérantes (ou voisines de celle-ci) correspondent à des directions principales voisines ; on veillera seulement à ne pas donner au tablier une résistance trop faible dans le sens perpendiculaire au moment maximum, si on n'a envisagé qu'un nombre restreint de cas de charge

##### 1.2.2 - Moments en travée.

###### 1.2.2.1 - Moments maximaux $M_y$ .

- . Au centre de la travée (point A) :

Pour une portée droite de 17,50 m et pour des biais de 35 à 50 grades,  $A(l)$  appliquée sur 4 voies est prépondérante.

Pour une portée droite de 13,00 m et un biais de 35 grades,  $A(l)$  appliquée sur 4 voies donne un moment inférieur de 2,5 % à celui dû au convoi exceptionnel type E centré.

Pour une portée droite de 13,00 m et un biais de 50 grades,  $A(\ell)$  appliquée sur 3 voies excentrées donne un moment inférieur de 10 % à celui dû au convoi exceptionnel type E centré.

. En travée au voisinage du bord libre (point B) :

Pour une portée droite de 17,50 m,  $A(\ell)$  appliquée sur 3 voies excentrées donne un moment supérieur à celui dû à  $A(\ell)$  appliquée sur 4 voies. Le supplément est de 10 % pour le biais de 35 grades et de 3 % seulement pour le biais de 50 grades ; le convoi exceptionnel type E excentré donne par rapport à  $A(\ell)$  appliquée sur 3 voies excentrées un moment inférieur de 5 % pour le biais de 35 grades et un moment identique pour le biais de 50 grades.

Pour une portée droite de 13,00 m, la charge militaire  $M_c$  excentrée et le convoi-type E excentré donnent des moments pratiquement égaux ; ces moments sont supérieurs à celui dû à  $A(\ell)$  appliquée sur 3 voies excentrées, le supplément étant de 11 % pour le biais de 35 grades et de 15 % pour le biais de 50 grades.

#### 1.2.2.2 - Moments minimaux $M_x$ positifs.

. Au centre de la travée (point A) :

La charge militaire  $M_c$  120 et le système Bt centrés donnent des moments sensiblement identiques. Ces moments sont prépondérants pour un biais de 35 grades.

Pour un biais de 50 grades le convoi exceptionnel type E donne un moment supérieur de 17 % pour une portée droite de 17,50 m et de 2 % pour une portée droite de 13,00 m.

. En travée au voisinage du bord libre (point B) :

Pour les 4 ouvrages étudiés le moment sous la charge militaire  $M_c$  120 excentrée est supérieur à celui sous Bt excentré de 70 % en moyenne.

#### 1.2.2.3 - Moments minimaux $M_x$ négatifs.

. Au centre de la travée (point A) :

Pour les 4 ouvrages étudiés la charge la plus défavorable est la charge  $A(\ell)$  disposée sur les 2 voies limitant la largeur chargeable.

. En travée au voisinage du bord libre (point B) :

Pour une portée droite de 17,50 m la charge  $A(\ell)$  appliquée sur 4 voies est nettement prépondérante pour un biais de 35 grades, et donne un moment inférieur de 2 % seulement à celui dû à Bc disposée sur 4 voies pour un biais de 50 grades.

Pour une portée droite de 13 m les différentes charges envisagées donnent des moments faibles ne dépassant pas 2 tm/ml.

### 1.2.3 - Moments au droit de l'appui de l'angle obtus (point C).

Ils sont toujours pratiquement négatifs ; les valeurs positives ne dépassent pas 2 tm/ml et sont obtenues sous l'effet des engins de terrassement.

Dans tous les cas envisagés le convoi exceptionnel type E excentré donne des moments principaux supérieurs à ceux dus aux charges civiles A et B<sub>C</sub> appliquées sur 2 voies excentrées.

Pour une portée droite de 17,50 m, la charge exceptionnelle donne des moments supérieurs à ceux dus à B<sub>C</sub> ; le supplément est de 5,5 % pour le biais de 35 grades et de 11 % pour le biais de 50 grades.

Pour une portée droite de 13,00 m et un biais de 35 grades, la charge exceptionnelle donne un moment supérieur de 5 % par rapport aux moments sensiblement identiques dus à la charge militaire M<sub>C</sub> 120 excentrée et au système B<sub>C</sub>.

Pour une portée droite de 13,00 m et un biais de 50 grades les charges civiles (systèmes A(ℓ) et B<sub>C</sub>) appliquées sur 2 voies excentrées donnent des moments principaux équivalents. Ces moments sont inférieurs de 27 % à ceux dus à la charge militaire M<sub>C</sub> 120 excentrée.

A noter que dans tous les cas envisagés, le système B<sub>C</sub> appliqué sur 2 voies excentrées est légèrement prépondérant par rapport au système A appliqué sur les mêmes voies, le supplément de moment ne dépassant pas 8 %.

### 1.2.4 - Moments au voisinage de l'angle obtus (point D)

#### 1.2.4.1 - Moments maximaux M<sub>y</sub>.

Ils sont toujours positifs.

La charge A(ℓ) appliquée sur 4 voies est prépondérante, sauf pour l'ouvrage de 13,00 m de portée droite et de 50 grades de biais où A(ℓ) appliquée sur 3 voies excentrées et le convoi-type E excentré apportent un supplément de 10 %.

#### 1.2.4.2 - Moments minimaux M<sub>x</sub>.

Ils sont toujours négatifs.

Pour une portée droite de 17,50 m, la charge B<sub>C</sub> appliquée sur 2 voies excentrées et le convoi exceptionnel type E excentré sont prépondérants et donnent des moments pratiquement identiques ; ces moments sont de 4 à 8 % supérieurs à ceux dus à A(ℓ) suivant que le biais est de 35 ou 50 grades.

Pour une portée de 13,00 m la charge militaire M<sub>C</sub> 120 excentrée donne des moments supérieurs à ceux dus à la charge civile B<sub>C</sub> appliquée sur 2 voies excentrées. Le supplément est de 4,5 % pour un biais de 35 grades et de 21 % pour un biais de 50 grades. Dans ce cas la charge B<sub>C</sub> donne un moment supérieur de 10 % à celui dû à la charge A(ℓ) appliquée sur 2 voies excentrées.

A noter que dans tous les cas envisagés, le système B<sub>C</sub> appliqué sur 2 voies excentrées est légèrement prépondérant par rapport au système A appliqué sur les mêmes voies, le supplément de moment ne dépassant pas 10 %.

### 1.3 - CONCLUSIONS.

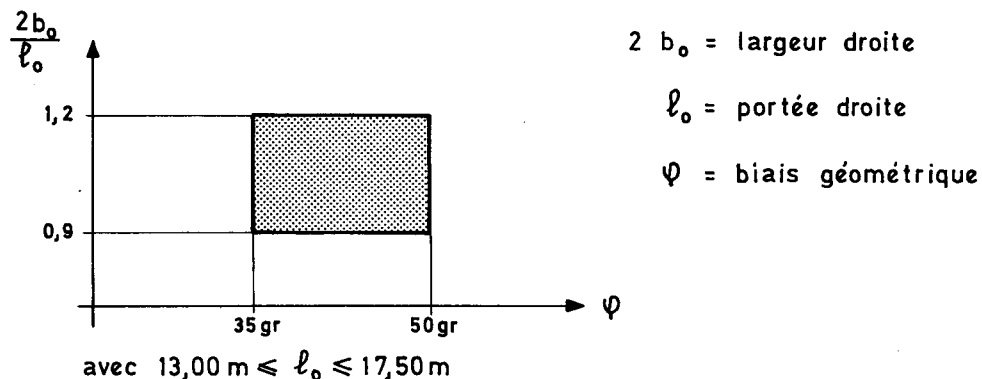
Le comportement mécanique des dalles biaises dépend de nombreux paramètres :

- travée unique ou travées solidaires
- biais géométrique
- portées
- rapport largeur droite sur portée droite
- classe de l'ouvrage.

Compte tenu du nombre important de paramètres et du coût élevé des programmes MRB dès lors que l'on multiplie le nombre de cas de charges d'exploitation, il ne nous a pas été possible d'envisager tous les cas ; c'est pourquoi notre étude se limite volontairement à des cas jugés à la fois courants et extrêmes.

Les ouvrages qui nécessitent une vérification par le programme MRB comportent le plus souvent au moins 3 voies de circulation ; ils appartiennent de ce fait à la première classe (cf. article 3 du règlement de surcharges 1971).

Les conclusions qui suivent sont strictement valables pour les ponts-dalles à travée unique appartenant au domaine défini ci-dessous ou peu éloignés de celui-ci.



Le fait que l'ouvrage soit à travée unique ou à travées solidaires n'a pas à notre avis une importance primordiale ; en effet nous avons pu constater ceci à l'occasion des quelques centaines d'exploitations d'ouvrages continus par MRB : le comportement individuel des travées d'un pont-dalle continu se rapproche d'autant plus de celui des travées indépendantes homologues que l'ouvrage est large et que son biais géométrique est accusé. En conséquence, le domaine de validité de nos conclusions peut être étendu au pont-dalle continu dont les caractéristiques géométriques de la travée déterminante diffèrent peu des exemples traités.



### 1.3.1 - Engins lourds de terrassement.

Les engins lourds de terrassement, conformément à la directive DELTA 70, ont un effet inférieur aux charges civiles  $A(\ell)$  et  $B_c$  à condition qu'ils circulent dans une zone centrale de l'ouvrage et que l'ouvrage ait au moins 3 voies de circulation.

### 1.3.2 - Charges exceptionnelles.

Au centre de la travée les moments maximaux sont généralement donnés par la charge de plus fort poids total. Pour les ouvrages à 2 voies de circulation et relativement étroits, les charges exceptionnelles centrées sont déterminantes.

Au centre de la travée les moments minimaux positifs sont prépondérants sous la charge exceptionnelle centrée de type E pour un biais de 50 grades, et cela d'autant plus que l'ouvrage est étroit.

En travée, les charges exceptionnelles excentrées ne sont pas déterminantes au centre vis-à-vis des moments négatifs, et au voisinage du bord libre vis-à-vis des moments principaux en général.

Le convoi-type E excentré est déterminant au droit de l'appui de l'angle obtus sauf pour une portée droite de 13,00 m et un biais de 50 grades.

### 1.3.3 - Charges militaires.

Le véhicule type à chenilles Mc 120 excentré est déterminant :

- nettement et dans tous les cas, en travée au voisinage du bord libre pour les moments minimaux positifs

- pour une portée droite de 13,00 m, en travée au voisinage du bord libre (moments positifs), dans l'angle obtus (moments négatifs) ceci vis-à-vis des moments maximaux et principalement pour un biais de 50 grades.

### 1.3.4 - Charges civiles.

$A(\ell)$  est prépondérant vis-à-vis du système B dans les cas suivants :

- pour les moments maximaux positifs, en travée au centre et au voisinage du bord libre et dans l'angle obtus,  $A(\ell)$  étant appliquée sur 4 voies ou 3 voies excentrées ;

- pour les moments minimaux s'ils sont négatifs, au centre de la travée avec  $A(\ell)$  appliquée sur les 2 voies limitant la largeur chargeable, et au voisinage du bord libre avec  $A(\ell)$  appliquée sur 4 voies ;

$B_c$  appliqué sur 2 voies excentrées est déterminant pour les moments négatifs dans l'angle obtus.

$B_t$  est déterminant pour les moments minimaux positifs, au centre de la travée lorsque les tandems sont centrés, et en travée au voisinage du bord libre lorsque les tandems sont excentrés.

(  
) A partir de ces conclusions, nous avons établi un programme de charges type pour un pont dalle biais à une travée que l'on trouvera à la page 17.

S.M.S 6.143.35\143

Portée droite = 17,50 m

Biais géométrique = 35 grades

TABLEAU I

Portée biaise = 33,50 m

		$M_y$				$M_x$				$\psi$				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
A(ℓ) règlement 1960 4 voies		75,52	65,20	-2,36	32,03	-19,14	-7,67	-74,71	-61,07	49,85	64,60	28,60	40,92	
A(ℓ)	4 voies	<u>45,38</u>	36,31	0,94	<u>20,41</u>	-11,51	<u>-4,19</u>	-37,34	-32,16	49,85	63,21	32,55	43,30	
	3 voies excentrées	41,52	<u>40,01</u>	-5,39	15,37	-7,20	-3,04	-50,34	-38,86	48,73	66,39	21,34	35,97	
	2 voies excentrées	30,46	36,70	-7,13	11,09	-6,73	-1,87	-52,37	-39,17	49,39	68,46	15,63	30,98	
	2 voies centrées	32,02	22,68	-0,89	11,34	-1,27	-2,26	-23,35	-18,76	46,26	64,25	29,98	42,96	
	2 voies sur les bords	31,20	29,34	-0,60	16,22	<u>-14,46</u>	-3,30	-33,31	-27,94	52,31	63,37	31,12	41,59	
B	B <sub>c</sub>	4 files	37,48	31,81	-3,48	12,89	-7,66	-2,83	-40,78	-32,56	51,54	66,40	24,25	38,51
		3 files excentrées	33,90	34,90	-6,96	9,79	-5,30	-2,03	-51,55	-39,11	50,52	69,53	16,64	32,29
		2 files excentrées	26,10	32,99	-7,49	7,46	-6,59	-1,32	-54,11	<u>-40,84</u>	53,02	71,59	13,69	28,69
		2 files centrées	26,42	21,58	-4,36	4,84	3,10	-0,43	-29,52	-21,17	50,78	69,25	13,63	29,80
		2 files sur les bords	24,70	23,05	-1,34	9,97	-11,50	-3,14	-31,16	-26,27	54,08	66,08	26,89	39,34
	B <sub>t</sub>	centré	21,12	8,44	-2,15	4,09	7,67	-1,03	-12,97	-8,02	56,99	58,85	17,02	37,20
		excentré	13,14	25,62	-3,74	2,66	-5,11	3,00	-27,90	-21,79	47,99	78,45	12,24	29,95
char 110t	centré	27,35	13,33	-3,20	5,33	<u>7,92</u>	-1,32	-19,29	-12,24	54,16	60,88	15,91	35,57	
	excentré	18,95	38,55	-5,95	4,07	-9,47	<u>5,11</u>	-44,75	-35,35	49,70	77,18	12,64	26,24	
charges exceptionnelles	D	centrée	30,32	14,90	-2,66	7,02	7,63	-2,01	-16,82	-11,49	44,68	60,50	22,81	42,74
		excentrée	25,28	29,44	-6,21	6,90	-3,36	2,61	-44,49	-32,00	53,72	73,88	12,42	27,57
	E	centrée	39,20	22,27	-3,64	9,53	7,49	-2,37	-24,51	-17,38	43,98	63,29	22,58	41,32
		excentrée	32,78	37,90	<u>-8,36</u>	10,74	-3,95	3,18	<u>-57,03</u>	-39,45	52,82	73,14	12,74	29,19
engins de terrassement centrés	23 m <sup>3</sup>	27,13	15,29	-2,71	7,44	3,46	-2,03	-16,75	-11,40	42,22	60,77	23,63	44,24	
	34 m <sup>3</sup>	29,15	20,53	-3,04	9,11	0,36	-2,06	-21,03	-15,48	41,51	64,46	24,52	43,12	

Pour chaque point d'étude les valeurs déterminantes des moments sont soulignées. (règlement 1960 exclus).

S.M.S 6.142.35\145

Portée droite = 13,00 m  
Portée biaisée = 24,90 mBiais géométrique  $\square$  35 grades

TABLEAU II

		$M_y$				$M_x$				$\psi$				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
A(l) règlement 1960 4 voies		<u>4141</u>	4112	- 131	2197	-397	-368	-4174	-3157	3660	6360	2814	4051	
A(l)	4 voies	2580	2345	030	<u>1378</u>	-247	-158	-2208	-1679	3660	6266	3092	4153	
	3 voies excentrées	2454	2606	- 280	1230	018	-146	-2705	-1932	3559	6361	2312	3824	
	2 voies excentrées	1757	2485	- 404	1004	-095	-090	-2872	-1980	3615	6468	1784	3470	
	2 voies centrées	2046	1332	004	793	328	-118	-1051	- 779	3299	6233	3428	4595	
	2 voies sur les bords	1556	2035	- 031	1129	<u>-649</u>	-094	-2173	-1652	3929	6332	2722	3812	
B	B <sub>c</sub>	4 files	2045	2170	- 150	1064	-138	-173	-2356	-1782	3745	6536	2619	4065
		3 files excentrées	1918	2404	- 350	973	-049	-169	-2833	-2050	3640	6641	2083	3802
		2 files excentrées	1397	2362	- 439	833	-156	-133	-3073	-2180	3908	6758	1745	3563
		2 files centrées	1591	1084	- 208	552	638	-022	-1034	- 688	3916	6348	2115	4295
		2 files sur les bords	1184	1751	- 097	760	-522	<u>-184</u>	-2156	-1680	3970	6693	2508	3858
	B <sub>t</sub>	centré	1476	498	- 064	586	941	-113	- 352	- 235	4530	5104	4583	5746
		excentré	764	1910	- 253	340	-330	275	-1841	-1308	3575	7488	1400	2979
char 110t	centré	1860	807	- 146	681	<u>983</u>	-152	- 606	- 367	4127	5348	3388	5385	
	excentré	1068	<u>2892</u>	- 412	550	-579	450	-3099	<u>-2274</u>	3722	7273	1509	3058	
charges exceptionnelles	D	centrée	2119	883	002	680	811	-163	- 599	- 434	2857	5612	4217	5323
		excentrée	1430	2181	- 411	832	-124	206	-2415	-1417	4110	6858	1333	3364
	E	centrée	<u>2649</u>	1305	- 029	849	826	<u>-184</u>	- 920	- 658	2887	5958	3717	5001
		excentrée	1826	2877	<u>- 542</u>	1106	-166	190	<u>-3254</u>	-2042	4014	6741	1445	3360
engins de terrassement centrés	23m <sup>3</sup>	1814	905	040	692	355	-158	- 631	- 473	2586	5687	4243	5095	
	34m <sup>3</sup>	1820	1222	026	708	065	-150	- 881	- 644	2707	6185	3571	4584	

Pour chaque point d'étude les valeurs déterminantes des moments sont soulignées (règlement 1960 exclus).

S.M.S 6.143.50\143

Portée droite = 17,50 m

Biais géométrique = 50 grades

TABLEAU III

Portée biaisée = 24,75 m

		$M_y$				$M_x$				$\psi$				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
A(l) règlement 1960 4 voies		7051	6820	-214	2908	-174	-469	-4856	-3697	5763	6887	3209	4670	
A(l)	4 voies	<u>4391</u>	4044	001	<u>1847</u>	-108	-265	-2568	-1978	5763	6822	3585	4904	
	3 voies excentrées	4044	<u>4158</u>	-358	-1561	193	-126	-3316	-2378	5647	6957	2564	4230	
	2 voies excentrées	2952	3582	-456	1240	014	012	-3473	-2436	5715	7035	2011	3704	
	2 voies centrées	3152	2578	-065	1056	529	-178	-1459	-1085	5377	6941	3533	5100	
	2 voies sur les bords	2957	3146	-026	1484	<u>-659</u>	-157	-2306	-1787	6028	6766	3331	4598	
B	B <sub>c</sub>	4 files	3462	3415	-200	1379	-062	<u>-270</u>	-2783	-2092	5808	6919	2911	4509
		3 files excentrées	3150	3464	-410	1204	062	-178	-3446	-2477	5741	7032	2235	3964
		2 files excentrées	2386	3072	-462	1008	-142	-108	-3680	-2629	5993	7074	1883	3545
		2 files centrées	2442	1980	-234	527	655	-079	-1631	-1085	5960	6988	1970	3818
		2 files sur les bords	2268	2442	-104	1050	-516	-259	-2286	-1807	6098	6912	2955	4421
	B <sub>t</sub>	centré	2236	1427	-150	475	878	-090	-954	-545	6450	6766	2313	4521
		excentré	1760	2526	-268	474	006	313	-2105	-1549	5707	7777	1716	3243
char 110t	centré	2849	2111	-220	619	954	-116	-1386	-819	6166	6954	2198	4366	
	excentré	2328	3670	-427	728	-330	<u>555</u>	-3457	-2618	5913	7657	1738	3212	
charges exceptionnelles	D	centrée	2976	2088	-138	768	1012	-173	-1087	-714	5199	6935	3187	5254
		excentrée	2516	3316	-426	829	-057	289	-3264	-2290	6024	7416	1675	3257
	E	centrée	3783	2816	-178	1021	<u>1116</u>	-197	-1541	-1056	5128	7015	3153	5100
		excentrée	3228	4153	<u>-570</u>	1244	-005	289	<u>-4094</u>	<u>-2716</u>	5981	7273	1721	3468
engins de terrassement centrés	23m <sup>3</sup>	2632	2093	-134	823	622	-161	-1069	-706	4905	6956	3347	5443	
	34m <sup>3</sup>	2750	2419	-124	977	475	-128	-1297	-946	4828	7133	3469	5304	

Pour chaque point d'étude les valeurs déterminantes des moments sont soulignées. (règlement 1960 exclus).

S.M.S 6.142.50\143

Portée droite = 13,00 m

Biais géométrique = 50 grades

TABLEAU IV

Portée biaise = 18,40 m

		M <sub>y</sub>				M <sub>x</sub>				ψ				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
A(ℓ) règlement 1960 4 voies		3886	3853	-022	2005	373	-2,16	-23,58	-16,45	50,87	66,48	35,58	49,59	
A(ℓ)	4 voies	1980	1843	050	1015	190	-0,70	-9,88	-6,84	50,87	65,97	39,58	51,32	
	3 voies excentrées	2269	23,53	-1,43	<u>11,21</u>	4,01	-0,39	-14,83	-9,43	49,82	66,50	29,91	47,11	
	2 voies excentrées	1800	23,54	-2,56	1036	2,33	0,42	-18,08	-10,96	50,34	66,67	22,60	41,78	
	2 voies centrées	2084	14,87	0,73	803	6,35	-1,18	-5,71	-4,01	46,85	67,65	48,56	59,66	
	2 voies sur les bords	1604	2017	-0,12	11,14	<u>-2,65</u>	0,02	-13,70	-9,38	53,87	64,97	33,00	45,47	
B	B <sub>c</sub>	4 files	1872	2077	-0,51	990	1,89	-0,86	-13,32	-9,56	51,33	68,82	33,96	49,05
		3 files excentrées	1768	22,12	-1,90	923	2,54	-0,54	-16,31	-11,04	50,95	69,56	27,01	45,52
		2 files excentrées	1331	21,24	-2,63	801	1,37	-0,08	-18,45	-12,04	55,43	70,19	21,72	41,22
		2 files centrées	1532	9,56	-0,64	544	7,57	-0,65	-3,49	-1,73	57,09	65,64	41,69	63,25
		2 files sur les bords	1082	17,00	-0,48	725	-1,95	-0,40	-13,28	-10,22	53,04	71,38	30,44	43,81
	B <sub>t</sub>	centré	1673	912	-0,12	635	8,98	-1,03	-2,72	-1,33	60,52	62,83	56,13	68,84
		excentré	1199	18,83	-1,90	502	0,64	2,66	-13,14	-7,61	49,33	73,81	17,50	36,96
char 110t	centré	2051	13,56	-0,64	736	9,34	-1,33	-4,46	-2,36	56,54	65,53	45,82	64,26	
	excentré	1488	<u>27,07</u>	-2,97	819	-1,43	<u>4,59</u>	<u>-22,93</u>	<u>-14,56</u>	52,28	71,38	18,25	36,12	
charges exceptionnelles	D	centrée	2070	12,74	0,18	654	8,76	-1,32	-4,32	-2,94	42,50	68,05	49,52	62,87
		excentrée	1508	21,88	-2,79	877	0,92	1,86	-16,40	-8,58	54,59	68,87	18,25	40,34
	E	centrée	<u>2504</u>	15,65	1,04	860	<u>9,54</u>	<u>-1,58</u>	-5,31	-3,82	42,10	68,00	52,97	63,03
		excentrée	1838	26,66	<u>-3,42</u>	11,18	1,12	1,51	-20,60	-11,55	53,97	67,53	19,53	40,34
engins de terrassement centres	23 m <sup>3</sup>	1729	1202	1,69	754	4,52	-1,24	-3,90	-3,07	38,41	67,82	59,18	64,06	
	34 m <sup>3</sup>	1634	1302	1,51	716	2,12	-0,83	-4,97	-3,85	38,62	70,64	51,70	58,77	

Pour chaque point d'étude les valeurs déterminantes des moments sont soulignées. (règlement 1960 exclus).



			A			B			C	D	
			My > 0	Mx		My > 0	Mx		Mx < 0	My > 0	Mx < 0
				> 0	< 0		> 0	< 0			
2b_09 l	Portée droite 17,50 m	biais 35gr	A(4)	$M_{C120_{cent}} \approx B_{t_{cent}}$	A(1+1)	$A(3e) > A(4)$ 10%	$M_{C120_{ex}} > B_{t_{ex}}$ ( $B_{t_{ex}} \approx 3tm/m$ ) 70%	A(4)	$E_{ex} > B_c(2e)$ 5,5% ----- $B_c(2e) > A(2e)$ 3,5%	A(4)	$B_c(2e) \left. \vphantom{B_c(2e)} \right\} E_{ex} > A(2e)$ 4%
		biais 50gr	A(4)	$E > \left\{ \begin{matrix} M_{C120_{cent}} \\ B_{t_{cent}} \end{matrix} \right.$ 17%	A(1+1)	$A(3e) \left. \vphantom{A(3e)} \right\} E_{ex} > A(4)$ 3%	$M_{C120_{ex}} > B_{t_{ex}}$ ( $B_{t_{ex}} \approx 3tm/m$ ) 77%	$B_c(4) = A(4)$	$E_{ex} > B_c(2e)$ 11% ----- $B_c(2e) > A(2e)$ 6%	A(4)	$B_c(2e) \left. \vphantom{B_c(2e)} \right\} E_{ex} > A(2e)$ 8%
2b_12 l	Portée droite 13,00 m	biais 35gr	$E > A(4)_{cent}$ 2,5%	$M_{C120_{cent}} \approx B_{t_{cent}}$	A(1+1)	$M_{C120_{ex}} \left. \vphantom{M_{C120_{ex}}} \right\} E_{ex} > A(3e)$ 11%	$M_{C120_{ex}} > B_{t_{ex}}$ ( $B_{t_{ex}} \approx 3tm/m$ ) 64%	moments négligeables $\leq 2tm/m$	$E_{ex} > \left\{ \begin{matrix} M_{C120_{ex}} \\ B_c(2e) \end{matrix} \right.$ 5% ----- $M_{C120_{ex}} \left. \vphantom{M_{C120_{ex}}} \right\} B_c(2e) > A(2e)$ 8%	A(4)	$M_{C120_{ex}} > B_c(2e)$ 4,5% ----- $B_c(2e) > A(2e)$ 10%
		biais 50gr	$E > A(3e)_{cent}$ 10%	$E > \left\{ \begin{matrix} M_{C120_{cent}} \\ B_{t_{cent}} \end{matrix} \right.$ 2%	A(1+1)	$M_{C120_{ex}} \left. \vphantom{M_{C120_{ex}}} \right\} E_{ex} > A(3e)$ 15%	$M_{C120_{ex}} > B_{t_{ex}}$ ( $B_{t_{ex}} \approx 3tm/m$ ) 73%	moments négligeables $\leq 2tm/m$	$M_{C120_{ex}} > \left\{ \begin{matrix} A(2e) \\ B_c(2e) \end{matrix} \right.$ 27%	$A(3e) \left. \vphantom{A(3e)} \right\} E_{ex} > A(4)$ 10%	$M_{C120_{ex}} > B_c(2e)$ 21% ----- $B_c(2e) > A(2e)$ 10%

15


LÉGENDE

- A(l) appliquée
  - sur 4 voies : A(4)
  - sur 3 voies excentrées : A(3e)
  - sur les 2 voies limitant la largeur surchargeable : A(1+1)
- Véhicule type à chenilles
  - centré :  $M_{C120_{cent}}$
  - excentré :  $M_{C120_{ex}}$

- Les cases hachurées correspondent à des moments négligeables ( $\leq 2tm/m$ )

PROGRAMME DE CHARGES TYPE D'UN PONT-DALLE BIAIS A UNE TRAVÉE

! Nombre de ! ! voies ! !chargeables!		Charges Civiles	Charges militaires et exceptionnelles
5 VOIES	<u>A (ℓ)</u>	1° 5 voies 2° 3 voies excentrées 3° 2 voies sur les bords x	<u>Mc 120</u> { 6° Centré ( ≥ Bt centré) ** 7° Excentré
	<u>Camions</u>	4° Bt centré 5° Bc 2 files excentrées	<u>E</u> { 8° Centré *** 9° Excentré
4 VOIES	<u>A (ℓ)</u>	1° 4 voies 2° 3 voies excentrées 3° 2 voies sur les bords x	<u>Mc 120</u> { 6° Centré ( ≥ Bt centré) ** 7° Excentré
	<u>Camions</u>	4° Bt centré 5° Bc 2 files excentrées	<u>E</u> { 8° Centré *** 9° Excentré
3 VOIES	<u>A (ℓ)</u>	1° 3 voies 2° 2 voies sur les bords x	<u>Mc 120</u> { 5° Centré ( ≥ Bt centré) ** 6° Excentré
	<u>Camions</u>	3° Bt centré 4° Bc 2 files excentrées	<u>E</u> { 7° Centré *** 8° Excentré
2 VOIES	<u>A (ℓ)</u>	1° 2 voies 2° 1 voie excentrée	<u>Mc 120</u> { 5° Centré ( ≥ Bt centré) ** 6° Excentré
	<u>Camions</u>	3° Bt centré 4° Bc 1 file excentrée	<u>E</u> { 7° Centré *** 8° Excentré

LEGENCE  x 2 voies chargées sur les bords libres.

xx On peut supprimer Bt quand Mc 120 est disposé au centre.

xxx La concomitance de Mc 120 ( ou Bt ) centré et de E centré permet de supprimer Bt ( ou Mc 120 ) centré.

## CHAPITRE 2

## PROGRAMME DE CHARGES D'UN PONT-DALLE A PLUSIEURS TRAVÉES SOLIDAIRES

## 2.1 - PROGRAMME DE CHARGES TYPE D'UN PONT-DALLE A DEUX TRAVÉES SOLIDAIRES ET SYMETRIQUES.

Nous donnons dans le tableau de la page suivante le programme de charges type susceptible de fournir des effets maximaux aux 5 points A, B, C, D, E (voir figure 1) qui sont les points les plus sollicités d'un pont-dalle à deux travées symétriques de biais géométrique  $\psi \leq 80$  gr et aux 4 points A', B', C', D' (voir figure 2) qui sont les points les plus sollicités d'un pont-dalle à 2 travées droit ou de très faible biais ( $\psi > 80$  gr).

Les effets recherchés sont les moments longitudinaux, transversaux et de torsion en fonction du rapport de forme  $\eta = \frac{2 b_0}{\ell_{01}}$  ( $2 b_0$  étant la largeur droite de la dalle équivalente,  $\ell_{01}$  : la portée droite de la première travée) et du nombre total de voies chargeables.

Figure 1

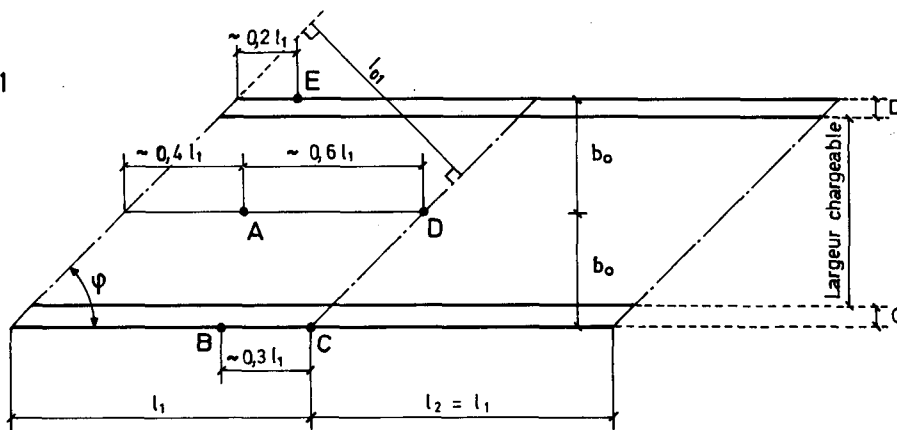
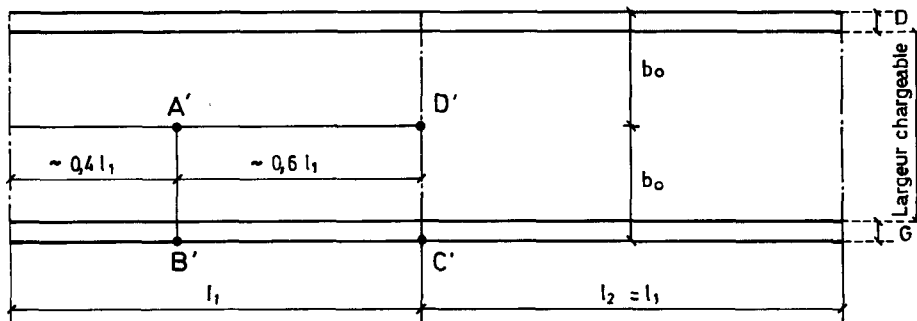
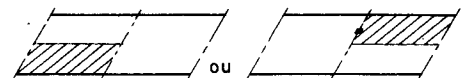
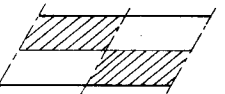


Figure 2



PROGRAMME DE CHARGES TYPE D'UN PONT-DALLE A DEUX TRAVÉES SOLIDAIRES ET SYMÉTRIQUES

Nombre de voies chargeables	Charges civiles	Charges militaires et exceptionnelles	Légende	
5 VOIES	A (ℓ) { <ul style="list-style-type: none"> <li>1°) 5 voies</li> <li>2°) 3 voies excentrées<sup>x</sup></li> <li>3°) 2 voies excentrées<sup>x</sup> si <math>\eta \geq 1</math></li> <li>4°) 5 voies</li> <li>5°) Damier<sup>xx</sup></li> <li>6°) Bc 2 files excentrées<sup>x</sup></li> <li>7°) Bt centré<sup>xxx</sup></li> </ul> Camions	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur les travées 1 et 2 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	[x] L'excentrement se fait vers l'angle obtus de la ligne d'appui intermédiaire.  ou  [xx] Les deux angles opposés du damier doivent être obtus et chaque case occupe la moitié de la largeur chargeable quel que soit le nombre total (pair ou impair) de voies. On adopte pour chacune des zones en cause, la valeur A (ℓ) correspondant à la longueur de zone chargée, les coefficients a1 et a2 étant ensuite appliqués à l'ensemble des zones (cf. Commentaire de l'article 4.5, Fascicule 61, titre II du C.P.C.) [xxx] Les positions centrées de Bt ou de Mc 120 engendrent un moment principal minimum positif en travée plus élevé que celui donné par les charges A (ℓ) sur toute la largeur; par contre, le moment de torsion sous A (ℓ) est beaucoup plus important que celui sous Bt ou sous Mc 120 (plus que le double), alors que les moments longitudinaux et transversaux sont plus ou moins comparables dans les deux cas. <u>Il résulte de ces résultats et des règles de ferrail- lage données par la pièce 1.7 du dossier MRB 78 et par l'I.P.2, que, pour les ouvrages biais (de biais mécanique inférieur à 70 gr), les positions centrées de Bt ou de Mc 120 deviennent inutiles, lorsque les armatures (actives et/ou passives) sont parallèles et perpendiculaires aux bords libres.</u> [xxxx] La concomitance de Bt (ou de Mc 120) centré et de E centré permet de supprimer le cas de Mc 120 (ou de Bt) centré.
4 VOIES	A (ℓ) { <ul style="list-style-type: none"> <li>1°) 4 voies</li> <li>2°) 3 voies excentrées<sup>x</sup></li> <li>3°) 2 voies excentrées<sup>x</sup> si <math>\eta \geq 1</math></li> <li>4°) 4 voies</li> <li>5°) Damier<sup>xx</sup></li> <li>6°) Bc 2 files excentrées<sup>x</sup></li> <li>7°) Bt centré<sup>xxx</sup></li> </ul> Camions	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur les travées 1 et 2 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E
3 VOIES	A (ℓ) { <ul style="list-style-type: none"> <li>1°) 3 voies</li> <li>2°) 2 voies excentrées<sup>x</sup></li> <li>3°) 1 voie excentrée<sup>x</sup> si <math>\eta \geq 1</math></li> <li>4°) 3 voies</li> <li>5°) Damier<sup>xx</sup></li> <li>6°) Bc 2 files excentrées<sup>x</sup></li> <li>7°) Bt centré<sup>xxx</sup></li> </ul> Camions	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur les travées 1 et 2 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>8°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>9°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>10°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>11°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E
2 VOIES	A (ℓ) { <ul style="list-style-type: none"> <li>1°) 2 voies</li> <li>2°) 1 voie excentrée<sup>x</sup></li> <li>3°) 2 voies</li> <li>4°) Damier<sup>xx</sup></li> <li>5°) Bc 1 file excentrée<sup>x</sup></li> <li>6°) Bt centré<sup>xxx</sup></li> </ul> Camions	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>7°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>8°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur les travées 1 et 2 { <ul style="list-style-type: none"> <li>9°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>10°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>7°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>8°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>9°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>10°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E	sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>7°) Centré (<math>\geq</math> Bt centré)<sup>xxx</sup></li> <li>8°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> sur la travée 1 { <ul style="list-style-type: none"> <li>9°) Centré<sup>xxxx</sup></li> <li>10°) Excentré<sup>x</sup></li> </ul> E

2.2 - PROGRAMME DE CHARGES TYPE D'UN PONT DALLE A TROIS TRAVEES SOLIDAIRES ET SYMETRIQUES.

Le tableau de la page ci-contre donne le programme de charges type susceptible de fournir des effets maximaux aux 8 points A, B, C, D, E, F, G, H (voir figure 1) qui sont les points les plus sollicités d'un pont dalle biais à 3 travées symétriques de biais géométrique  $\psi \leq 80$  gr et aux 6 points A', B', C', D', E', F' (voir figure 2) qui sont les points les plus sollicités d'un pont-dalle droit ou peu biais ( $\psi > 80$  gr).

Les effets recherchés sont les moments longitudinaux, transversaux et de torsion en fonction des rapports  $\eta_1 = \frac{2 b_0}{l_{01}}$  et  $\eta_2 = \frac{2 b_0}{l_{02}}$  et du nombre de voies chargeables.

$2 b_0$  : largeur équivalente de la dalle

$l_{01}$  : portée droite de la travée 1

$l_{02}$  : portée droite de la travée 2

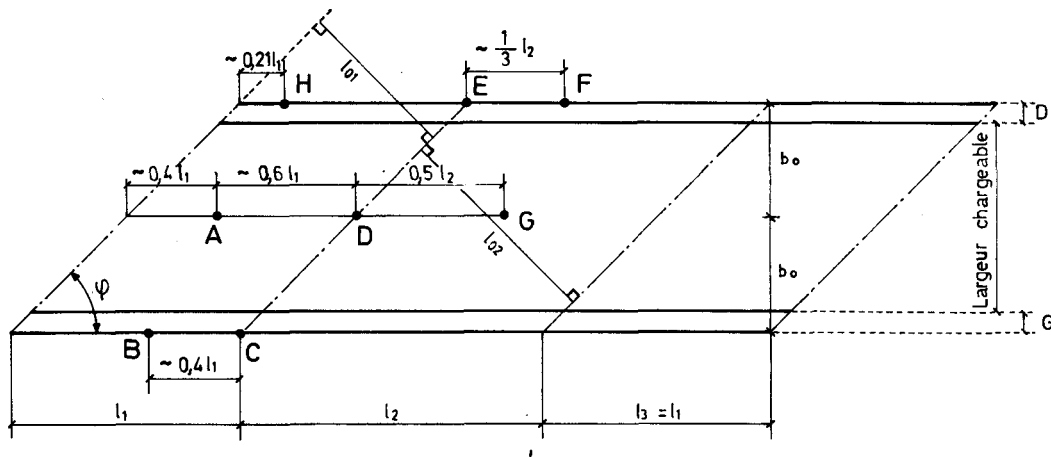


Figure 1

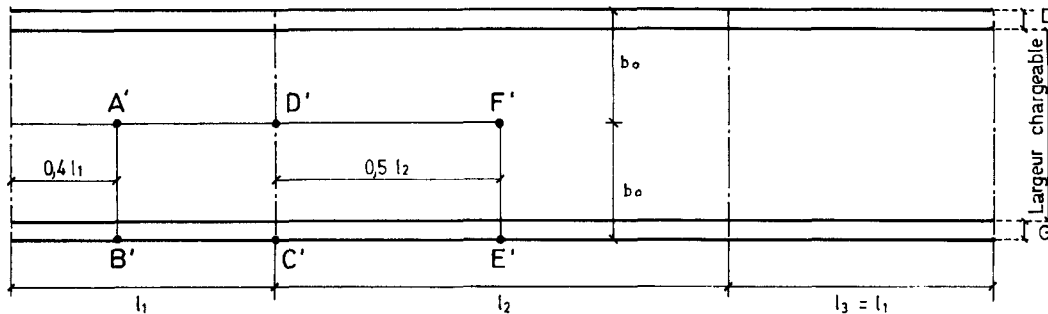





Figure 2



**PROGRAMME DE CHARGES TYPE D'UN PONT-DALLE A TROIS TRAVÉES SOLIDAIRES ET SYMÉTRIQUES**

Nombre de voies chargeables		Charges civiles	Charges militaires et exceptionnelles	Légende
5 VOIES	A (ℓ)	1°) 5 voies sur la travée 2°) 3 voies excentrées* si $\eta_1 \geq 1$ 3°) 2 voies excentrées* 4°) 5 voies sur la travée 5°) 3 voies excentrées* si $\eta_2 \geq 1$ 6°) 2 voies excentrées* 7°) 5 voies** sur les travées 1 et 2 8°) Damier** simultanément 9°) et 10°) Bc, 2 files sur les travées excentrées* 1 et 2 11°) et 12°) Bt centré*** séparément	Mc 120 { 13°) et 14°) Centré*** (≥ Bt centré) 15°) et 16°) Excentré* E { 17°) et 18°) Centré**** 19°) et 20°) Excentré*	sur les travées 1 et 2 séparément. [X] L'excentrement se fait vers l'angle obtus de la ligne d'appui intermédiaire!  ou  [XX] Les deux angles opposés du damier doivent être obtus et chaque case occupe la moitié de la largeur chargeable quel que soit le nombre total (pair ou impair) de voies 
		4 VOIES	A (ℓ)	1°) 4 voies sur la travée 2°) 3 voies excentrées* si $\eta_1 \geq 1$ 3°) 2 voies excentrées* 4°) 4 voies sur la travée 5°) 3 voies excentrées* si $\eta_2 \geq 1$ 6°) 2 voies excentrées* 7°) 4 voies** sur les travées 1 et 2 8°) Damier** simultanément 9°) et 10°) Bc, 2 files sur les travées excentrées* 1 et 2 11°) et 12°) Bt centré*** séparément
3 VOIES	A (ℓ)			1°) 3 voies sur la travée 2°) 2 voies excentrées* si $\eta_1 \geq 1$ 3°) 1 voie excentrée* 4°) 3 voies sur la travée 5°) 2 voies excentrées* si $\eta_2 \geq 1$ 6°) 1 voie excentrée* 7°) 3 voies** sur les travées 1 et 2 8°) Damier** simultanément 9°) et 10°) Bc, 2 files sur les travées excentrées* 1 et 2 11°) et 12°) Bt centré*** séparément
		2 VOIES	A (ℓ)	1°) 2 voies sur la travée 1 2°) 1 voie excentrée* 3°) 2 voies sur la travée 2 4°) 1 voie excentrée* 5°) 2 voies sur les travées 1 et 2 6°) Damier** simultanément 7°) et 8°) Bc, une file sur les travées excentrée* 1 et 2 9°) et 10°) Bt centré*** séparément

### 2.3 - PROGRAMME DE CHARGES D'UN PONT-DALLE A PLUSIEURS TRAVEES SOLIDAIRES.

Si l'ouvrage à étudier se rapproche de l'un des cas envisagés dans les 2 chapitres précédents, l'utilisateur n'a aucune difficulté à définir le programme de charges : il lui suffit de s'inspirer de nos conclusions et des tableaux joints.

Si l'ouvrage à étudier se distingue nettement des cas envisagés aux §2.1 et 2.2, l'utilisateur doit prendre contact avec le gestionnaire des programmes MRB, soit pour convenir directement du programme de charges en profitant de l'enseignement des calculs antérieurs, soit pour définir la consistance du calcul préliminaire. Le calcul préliminaire se résume à une étude de surfaces d'influence aux points critiques ; à l'utilisateur de se rendre compte moyennant quelques calculs manuels de la nature et des positions des différents cas de charges d'exploitation à envisager dans le deuxième temps.

Dans tous les cas, l'utilisateur est confronté au problème suivant :

- d'une part limiter au maximum les cas de charges pour éviter des dépenses de traitement trop élevées,
- d'autre part envisager le maximum de cas de charges pour obtenir des résultats vraisemblables.

C'est ce compromis entre le coût de l'étude et la précision des calculs que l'utilisateur doit s'attacher à résoudre.

### 2.4 - UTILISATION DES PROGRAMMES MRB 70.

Les programmes MRB 70 n'étant pas modifiés pour tenir compte du programme de charge 1971, toutes les charges doivent être introduites sous forme de charges rectangulaires.

L'utilisateur doit en particulier, calculer les densités de charge du système A et les poids des essieux du système B compte tenu des coefficients de dégressivité transversale ( $a_1$ ,  $a_2$  et  $bc$ ) mais non compris le coefficient de pondération, PONDER (cf. bordereau N° 2) étant réservé à cet usage.

### 2.5 - UTILISATION DES PROGRAMMES MRB 78.

Pour que les programmes MRB 78 tiennent compte du règlement de charge 1971, l'utilisateur doit introduire en données la largeur chargeable (cf. ESURCH bordereau n° 2) et la classe du pont (cf. CLASSE bordereau n° 10). Dans ce cas le programme calcule et applique les coefficients  $a_1$  et  $a_2$  si la charge A( $l$ ) est introduite de façon automatique et le coefficient  $bc$  si les camions sont introduits de façon automatique. La note de calcul fournit à la suite de la représentation de ces chargements la valeur de ces coefficients.

Si les charges A et Bc sont introduites sous forme de charges rectangulaires, l'utilisateur est assujéti aux mêmes règles d'utilisation que celles prescrites pour les programmes MRB 70 (cf. § 2.4)

## CHAPITRE 3

### OBJET DU DOSSIER PILOTE MRB-BP 78

#### 3.1 - LA COMPOSITION GENERALE DU DOSSIER-PILOTE.

Quatre sous-dossiers constitutifs :

- 1 - Le premier expose la théorie du calcul de plaques minces par la méthode des réflexions biharmoniques et présente les deux programmes d'application MRB-BA 78 et MRB-BP 78 avec leurs bordereaux des données, conçus pour les ponts-dalles biais rectilignes où le calcul de  $A$  ( $\ell$ ) est automatique et spécialement pour les ponts-dalles aux bords libres circulaires et concentriques ;
- 2 - Le sous-dossier 2 présente, exemple d'application à l'appui, une méthodologie complète pour concevoir les ouvrages au biais accusé en ponts-dalles à travée unique et pour dimensionner le tablier lorsque celui-ci est réalisé sous forme d'une dalle de béton précontraint dans une ou deux directions ;
- 3 - Le sous-dossier 3 traite des ponts-dalles à travées solidaires, en béton précontraint, exceptionnels par le biais de leurs lignes d'appuis, par le petit nombre des appareils d'appui, ou par la courbure de leurs bords libres.

#### 3.2 - LE CARACTERE INUSITE DU DOSSIER-PILOTE.

Les Ingénieurs projeteurs d'ouvrages d'art sont avertis d'emblée du caractère inusité du présent dossier-pilote par rapport aux autres productions de la BOA. du GETRA. L'originalité des sujets abordés nous a amené à développer certaines pièces sous forme de compte-rendus de recherche. Il nous a été relativement aisé de discerner d'une part les conseils à caractère purement technologique, à l'adresse des Ingénieurs projeteurs, d'autre part les réflexions à l'intention des théoriciens, puis d'intégrer ces développements de natures différentes dans des pièces-pilotes physiquement distinctes. A vrai dire, ce n'est pas dans la présence de ces pièces théoriques que se situe le caractère exceptionnel du présent dossier, mais plutôt dans la consistance des pièces-pilotes à caractère technologique et dans la variété de leur mode d'utilisation.

Tant le sujet que les circonstances nous ont en effet conduit à développer un véritable programme de recherche dans le domaine des ponts-dalles ; comme il arrive souvent dans ce genre de travaux dont les échéances sont aléatoires les différentes parties de ce programme ont été avancées plus que d'autres. Dans cette perspective évolutive, nous n'avons pas hésité à faire état des résultats susceptibles d'être applicables, faisant objet de la plupart des pièces du dossier MRB-BP 78 ; et nous indiquons ci-après nos prochaines recherches :

1°/ Générer automatiquement les poussées au vide de la précontrainte à partir d'un tracé de câble donné, épargnant ainsi à l'utilisateur la peine de procéder à des calculs intermédiaires longs et fastidieux, et inversement, retracer les câbles à partir d'une répartition de poussées au vide données.

2°/ Raffiner la modélisation de l'ouvrage par un maillage plus souple permettant de positionner les points d'appuis exactement là où ils sont en réalité.

3°/ Prolonger les résultats de calcul jusqu'à la limite des bords libres, ce qui n'est pas le cas dans l'état actuel de l'étude où les résultats sont donnés à une maille près des bords libres.

4°/ Améliorer la modélisation en pratiquant des coupures aux abouts pour éliminer la fuite des moments transversaux dans les culées.

5°/ Améliorer la simulation du comportement d'un portique ouvert de biais prononcé dans l'étude de sa traverse par MRB (cf. sous-dossier 5 du PIP0 74), à l'aide du programme des éléments finis en collaboration avec le LCPC.

### 3.3 - POUR UNE EXPLOITATION EFFICACE DU DOSSIER-PILOTE.

Une utilisation efficace du présent dossier nous semble consister :

- dans un premier temps, à se pénétrer des **deux** chapitres suivants,
- dans un deuxième temps, à trier et à exploiter les pièces-pilotes qui sont susceptibles de répondre au problème particulier qui se pose à l'utilisateur,
- éventuellement dans un troisième temps, à prendre contact avec l'Ingénieur du S.E.T.R.A. gestionnaire du dossier-pilote MRB.BP afin de connaître le dernier état d'avancement de nos études.

## LES RECHERCHES ENTREPRISES DANS LE DOMAINE DES PONTS-DALLES

4.1 - LES PLAQUES DANS LA REALISATION DES TABLIERS DE PONTS.

Les tabliers en dalle de béton armé ou précontraint connaissent une vogue qui n'a cessé de croître depuis une vingtaine d'années ; grosso-modo on y trouve plusieurs ordres d'explications :

- les difficultés d'exécution ne croissent pas avec la complexité de la forme ; un biais accusé des lignes d'appuis, une courbure des bords libres entraînent des sujétions d'exécution très limitées : la découpe et la mise en oeuvre des armatures et, si le tablier est en béton précontraint, le coffrage en dents de scie des joues latérales et des abouts ;
- compte tenu de ce qui précède, le coût d'un tablier de pont-dalle demeure, grosso modo, proportionnel à sa surface ;
- le tablier est généralement élancé ; ainsi l'épaisseur du tablier de l'exemple d'application n'est-elle que le  $1/33$  de la portée biaise alors que son équivalent traité selon un gril de poutres est beaucoup plus encombrant ( $1/27$  à  $1/22$  de la portée biaise) ; signalons que la recherche de l'élancement minimal aurait conduit à la fraction du  $1/40$  ème (de l'ordre des structures métalliques)
- les ponts-dalles sont sobres d'aspect et permettent de réaliser des ouvrages particulièrement élégants, tout en restant dans le cadre des prix de revient usuels ;
- enfin, les propriétés d'homogénéité et d'isotropie confèrent aux ponts-dalles de remarquables aptitudes d'adaptation, ce qui nous amène à penser qu'une structure en dalle sera "indulgente" vis-à-vis des imprécisions d'étude ou des imperfections d'exécution ; pour s'en convaincre, il suffit d'avoir présente à l'esprit l'ampleur des flèches qui précèdent la rupture et les difficultés rencontrées par les expérimentateurs pour conduire un essai à grande échelle jusqu'à la rupture.

La somme de ces avantages doit toutefois être mise en balance avec les difficultés de l'étude, lesquelles peuvent se partager en deux ordres :

- le premier se pose au niveau de l'analyse du comportement mécanique;
- le second a trait au choix des dispositions constructives ; le constat d'une absence totale de méthodologie nous ont amené à entreprendre un programme de recherche de longue haleine.

#### 4.2 - LES RECHERCHES SUR LE COMPORTEMENT MECANIQUE DES PONTS-DALLES.

Le faux-fuyant qui consiste à approcher le comportement mécanique des ponts-dalles par des majorations successives, conduit à des surdimensionnements dont le coût est rapidement inacceptable. Quant aux études sur modèles, elles sont hypothéquées par des problèmes de similitude, de précision de mesures et, surtout, par leurs délais de mise en oeuvre et par leur coût élevé.

Dès l'avènement de l'informatique, nous avons pressenti que les ordinateurs scientifiques seraient le moyen approprié pour étudier le fonctionnement mécanique des ponts-dalles. Mais, information prise, aucune méthode existante ne se révélait satisfaisante. Aussi, une petite équipe d'universitaires, groupée autour de Monsieur Jean LERAY, Professeur au Collège de France, chaire des équations différentielles et fonctionnelles, et comprenant par ailleurs Monsieur PHAM THE LAI, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Nantes et Madame BERGERON, Maître-assistant à la Faculté des Sciences d'Orsay, a bien voulu se pencher sur l'étude des ponts-dalles (cf. Bibliographie, pièce 1.1). Sur la base d'une formulation entièrement repensée, une méthode de résolution générale a, tout d'abord, été mise sur pied [9] ; elle fait appel aux derniers développements de l'analyse moderne : utilisation de la variable complexe et construction d'une solution par une méthode des prolongements analytiques dite des réflexions [1]. A partir de cette méthode générale, des solutions explicites ont été formulées dans un certain nombre de cas particuliers :

- flexion de la bande à bords libres rectilignes [10] et [12] ,
- tension plane de la bande à bords libres et rectilignes [15] ,
- flexion de la bande à bords renforcés rectilignes [16] ,
- flexion de la bande hélicoïdale à bords libres circulaires [17] .

Le langage de programmation des ordinateurs scientifiques les plus modernes - l'I.B.M. 7094 puis le système 360 - nous a permis de traduire avec une relative aisance les expressions mathématiques qui font appel à la variable complexe.

Les deux programmes d'application MRB.BA et MRB.BP sont applicables à l'étude d'une variété très étendue de tabliers de ponts : ceux dont le comportement mécanique est assimilable à une plaque mince, élastique, homogène et isotrope et dont les bords sont libres, rectilignes ou circulaires.

Le programme MRB.BA évalue la déformation, la flexion et les états d'effort tranchant des ponts-dalles en béton armé ou précontraint et dimensionne les armatures horizontales de flexion des ponts-dalles en béton armé.

Le programme MRB.BP vérifie la déformation et les états de contrainte des ponts-dalles en béton précontraint et dimensionne les armatures passives horizontales de flexion dans les zones précontraintes ou non.

Désormais, une analyse structurale de pont-dalles relevant du domaine d'emploi des programmes MRB peut être formulée, commandée, et dépouillée par le responsable du projet. Quant aux délais et aux coûts d'étude, ils sont vraiment faibles comparés à ceux des essais sur modèles.

#### 4.3 - LES RECHERCHES SUR LES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES DES PONTS-DALLES.

La valeur d'un projet se juge d'après les dispositions constructives et les dimensions proposées et non pas seulement sur la finesse de l'analyse structurale. S'arrêter au niveau des programmes MRB - qui sont vérificateurs et non projeteurs - revenait à passer sous silence les problèmes de construction.

Les quelques six cents exploitations des programmes MRB nous ont donné l'occasion de mettre en évidence deux ordres de difficultés.

Le premier est en rapport avec les critères du dimensionnement des armatures. Les prescriptions réglementaires - tant celles du béton armé que celles du béton précontraint - se sont révélées d'application délicate tant dans leur lettre que dans leur esprit.

Le deuxième se rattache au choix des dispositions constructives. Exceptionnelles sont les réalisations qui peuvent servir de référence. Cet aspect de la question doit être abordé dans un esprit neuf. Nous considérons que la recherche des dispositions constructives ne peut être traitée dans la généralité, mais par catégorie de tabliers ; nous en distinguons quatre :

- les travées uniques précontraintes dans une ou deux directions,
- les travées solidaires précontraintes longitudinalement et celles, plus exceptionnelles, qui sont aussi précontraintes transversalement ;
- les travées uniques en béton armé,
- les travées solidaires en béton armé.

Avant de fixer son choix parmi ces quatre catégories, indépendamment des contraintes géométriques du terrain, l'utilisateur ne doit pas dépasser les limites de portées que nous donnons ci-après :

1°/ La dalle pleine en béton armé convient tant que la plus grande portée mécanique (portée comptée suivant la direction mécanique en milieu de travée) ne dépasse pas 15 m. Elle est, dans cette limite, plus compétitive que la dalle en béton précontraint. Cette dernière est recommandée pour les portées mécaniques variant de 15 à 20 m.

2°/ Au delà de 20 m jusqu'à 25 m de portée mécanique, l'élégissement de la dalle s'impose. Ce dernier peut se faire sous forme de dalle nervurée avec de larges encorbellements (ne dépassant pas en valeur absolue 3,50 m ni le quart de la portée biaise). Ce mode d'élégissement est efficace pour les tabliers étroits, c'est-à-dire, de largeur inférieure à 15 m environ. Les tabliers plus larges doivent être élégués par des vides circulaires, pentagonaux, etc...

3°/ Au delà de 25 m de portée mécanique, la dalle doit céder la place à des caissons rectangulaires.

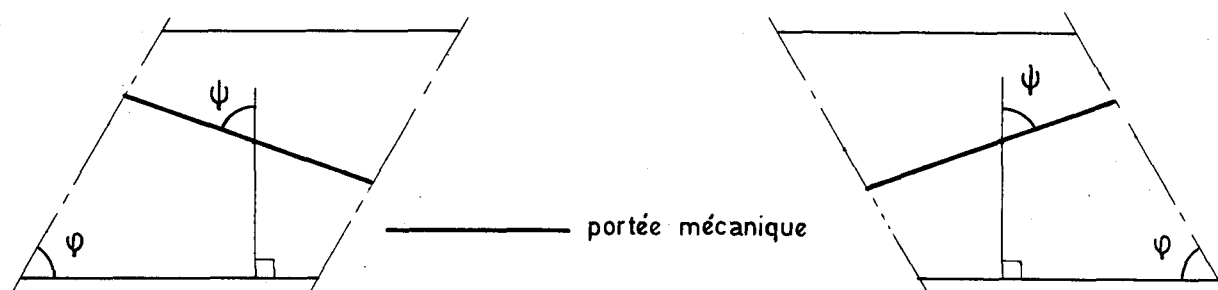
Par ailleurs, l'ouvrage en dalle à travée unique est pratiquement remplacé par le portique ouvert, beaucoup plus économique (de 20 à 40 %). Cependant, dans les zones de tassements notables (zones d'affaissements miniers par exemple), la dalle à travée unique avec chevêtres en retombée sur culées, ou deux dalles indépendantes posées sur pile centrale et sur culées noyées dans le talus, sont plus adaptées que la dalle à plusieurs travées ou le PIPO.

Nous précisons que le biais mécanique moyen  $\psi$  d'un ouvrage suivant lequel sont mesurées les portées mécaniques peut être approché par les formules suivantes :

$$\psi = \varphi + (100 - \varphi)(1 - 0,5 \eta)^2 \quad \text{si } \eta < 2$$

et  $\psi = \varphi \quad \text{si } \eta \geq 2$

avec  $\varphi$  : biais géométrique de la travée considérée  
 $\eta$  : rapport largeur/portée de la travée considérée  
 $\psi$  étant compté en grades à partir de la perpendiculaire au bord libre suivant la convention donnée dans les figures suivantes :



#### 4.3.1 - Ponts-dalles en béton précontraint.

Mises à part certaines adaptations souhaitables des critères de dimensionnement, le problème des dispositions constructives et du dimensionnement des ponts-dalles à travée unique en béton précontraint et au biais prononcé peut être considéré comme résolu par les développements du sous-dossier n° 2.

Le dimensionnement et les dispositions constructives des ponts-dalles à travées solidaires en béton précontraint fait l'objet du sous-dossier 3 qui renferme également un exemple d'application de pont-dalle à trois travées solidaires et au biais prononcé.

#### 4.3.2 - Ponts-dalles en béton armé.

S'agissant des ponts-dalles en béton armé, nous avons dégagé un éventail de dispositions-types de ferrailage ; les formules de dimensionnement ont été établies et leur traitement automatique a été intégré au programme MRB.BA.

Depuis la parution du sous-dossier 4 du PSI.DA (Août 1973) traitant des ponts-dalles biaisés en béton armé et fournissant deux modèles d'application (1 saut de mouton standard et une dalle continue à trois travées) ainsi que les indications utiles au sujet des dispositions constructives, nous estimons que ce sous-dossier, en concomitance avec les renseignements contenus dans le dossier MRB.BP 7<sup>8</sup> (en particulier la pièce 1.7) constitue une aide suffisante au projecteur pour l'étude des dalles biaisées en béton armé. Cependant les règles figurant dans la pièce 1.7 et dans le sous-dossier 4 du PSI.DA sont à compléter dès à présent par le chapitre 5 ci-après.



## CHAPITRE 5

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU CALCUL MRB ET AU FERRAILLAGE DES  
DALLES DE BIAIS PRONONCÉ5.1 - CHOIX DU MODELE DE CALCUL.

Dans la modélisation par MRB de l'ouvrage réel, l'utilisateur devra choisir les biais et les portées biaises aussi rapprochés que possible des valeurs réelles, en s'assurant que les portées droites du modèle MRB soient légèrement supérieures à celles de l'ouvrage réel. Ces précautions permettent d'obtenir des résultats (moment unitaire au mètre de largeur, section de ferrailage unitaire) sans une sous-estimation qui devient vite préjudiciable à la sécurité : en effet, les efforts de flexion unitaires et les sections de ferrailage sont sensiblement proportionnels au carré des portées droites.

Au cas où l'utilisateur n'a pas pris ces précautions dans la modélisation de l'ouvrage, il conviendra de majorer les sections d'acier autres que celles correspondant au ferrailage plancher et à la condition de non-fragilité en flexion par le carré du rapport : portée droite de l'ouvrage réel/portée droite du modèle MRB. Ceci est valable pour chaque travée de l'ouvrage.

5.2 - CONDITION DE NON-FRAGILITE (CF. CPC 61 VI, ARTICLE 19).

Dans les dalles biaises, en tout point d'une face susceptible d'être tendue sous un cas quelconque de chargement, les différentes nappes d'armatures tendues placées en ce point doivent avoir une section telle que la structure ne soit fragile dans aucune direction.  $\theta_i$  désignant la direction des armatures de section unitaire  $\omega_i$ , la section résistante équivalente dans une direction quelconque  $\theta$  est  $\omega(\theta) = \sum_i \omega_i \cos^2(\theta_i - \theta)$  et doit être au moins égale à 1,2 % de la section de béton (seuil de fragilité, pour armatures HA en flexion simple, selon l'article 19.1 du F 61 VI du C.P.C. de 1970).

Si le réseau d'armatures est constitué par deux directions d'armatures orthogonales les sections d'armature dans ces deux directions doivent être au moins égales à 1,2 % de l'aire du béton.

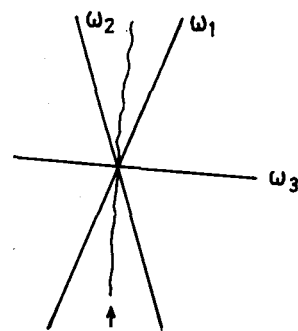
Si le réseau d'armatures est constitué par deux directions d'armatures non orthogonales et forment entre elles un angle aigu  $\psi$ , il conviendra en général de donner à chacune de ces deux sections d'armatures une valeur au moins égale à  $(0,6/\sin^2 \frac{\psi}{2})$  % de l'aire de béton, soit par exemple

2,4 % pour  $\psi = 66,7$  gr ( $60^\circ$ )

4,1 % pour  $\psi = 50$  gr ( $45^\circ$ )

On pourra également dans ce cas d'armatures non orthogonales, prévoir une troisième direction d'armatures  $\omega_3$  assurant la non-fragilité en flexion de la dalle vis-à-vis d'une fissuration de la dalle parallèle à la bissectrice intérieure des deux directions d'armatures principales  $\omega_1$  et  $\omega_2$ .

Sauf à ajouter une 3ème nappe d'armature dans la direction de la bissectrice extérieure des deux nappes d'armatures principales  $\omega_1$  et  $\omega_2$  il conviendra d'éviter de prévoir un réseau d'armatures tel que l'angle aigu formé par les deux directions d'armatures soit inférieur à 60 grades.



### 5.3 - CHEVETRES INCORPORES AUX ABOUTS.

Au voisinage des abouts et sur une largeur de l'ordre de grandeur de l'équidistance entre appareils d'appui, les valeurs des moments donnés par le programme MRB sont entachées d'une erreur systématique par défaut correspondant à un effet de fuite des moments transversaux, le modèle de calcul étant une bande infinie à deux bords libres, alors que l'ouvrage réel est appuyé sur des appuis à distance finie des abouts (cf. § 4.3, pièce 1.2 du dossier-pilote MRB-BP 78). Par ailleurs des sollicitations assez importantes se produisent dans ces zones sous l'effet des charges roulantes et de leur effet dynamique, sans que les cas de charge définis aux bordereaux des données MRB permettent de les évaluer.

Le projeteur devra donc compléter les calculs de ferrailage donnés par le programme MRB par un calcul de chevêtre incorporé. Pour ce faire, il pourra suivre les règles de calcul utilisées par le programme PSI-DA 68 (cf. § 6.1.4.4 pièce 2.1) dont nous donnons ci-après le principe; ce calcul est également valable pour les dalles biaisées précontraintes.

Chacun des ferrailages filants supérieur et inférieur parallèles à la ligne d'appui extrême doit reprendre un moment égal à  $\frac{R \times \text{ESPAP}}{12}$  où R est la réaction d'appui maximale de l'appareil d'appui le plus chargé de la ligne d'appui (fournie par MRB) et ESPAP la distance maximale entre les appuis d'une même ligne, mesurée suivant le biais. La section d'acier correspondante est à répartir sur une longueur L égale à la somme de la longueur d'about et de  $\frac{1}{3}$  ESPAP (soit ABOUT  $\sin \varphi + \frac{1}{3}$  ESPAP, où  $\varphi$  étant le biais géométrique).

Au cas où le moment  $\frac{R \times \text{ESPAP}}{12 L}$  est supérieur au triple du moment transversal maximal en travée de la travée de rive, il faudra renforcer le ferrailage transversal sur une longueur supplémentaire égale à  $\frac{2}{3}$  ESPAP avec une densité égale au tiers de la densité calculée pour le chevêtre incorporé proprement dit.

Le ferrailage du chevêtre incorporé ainsi que son extension éventuelle sont à ajouter au ferrailage transversal donné par MRB.

### 5.4 - RENFORCEMENT DES BORDS LIBRES.

Quel que soit le système de ferrailage adopté, la zone des bords libres est à renforcer de la manière suivante : sur une largeur égale à l'épaisseur de la dalle on doit disposer sur chaque face le long du bord libre une section d'armature longitudinale parallèle aux bords libres permettant de reprendre un moment longitudinal supplémentaire égal à la valeur absolue du moment de torsion. Dans le cas des calculs MRB, cette valeur pourra être prise égale à la valeur absolue du moment de torsion maximal lu dans la note de calcul MRB à une maille de distance des bords libres. Sur chaque face, cette section doit être au moins égale à  $\omega_A = \frac{1,5}{1000} h_t^2$ ,  $h_t$  étant l'épaisseur de la dalle, soit par exemple  $5,4 \text{ cm}^2$  par face sur une largeur de 0,60 m pour une dalle de 0,60 m d'épaisseur. Il convient en outre de relier ces armatures par des armatures verticales minimales telles que par exemple des cadres  $\emptyset 10$  tous les 30 cm.

### 5.5 - SOULEVEMENTS DES APPUIS.

Il arrive que sous certains cas de charges, 1 ou plusieurs points d'appuis sont soulevés. Le calcul MRB, pour rétablir l'équilibre statique, attribue des réactions d'appui négatives à ces appuis. Théoriquement pour avoir des résultats valables, il faudrait repasser le calcul en supprimant ces appuis : c'est une solution chère. En pratique, on répartit ces réactions d'appui négatives sur les deux appuis voisins dans la proportion inversement égale au rapport des distances de l'appui en question aux deux appuis voisins ; à l'exécution, il convient de prévoir un dispositif d'anti-cheminement pour les appuis qui sont soulevés.

## CHAPITRE 6

## FISSURATION DES PONTS-DALLES LARGES ET EVENTUELLEMENT BIAIS

6.1 - DÉSORDRES CONSTATÉS

Depuis quelques années, nous avons été amenés à étudier la fissuration de quelques ponts-dalles larges dont certains de biais prononcé.

Il s'agit d'ouvrages très larges : largeur droite supérieure à 15 m, et le plus souvent supérieure aux portées biaisées. Ces ouvrages sont précontraints longitudinalement et armés transversalement ou bien armés dans les deux directions. Certains ont été fissurés sans que les plans d'exécution et les conditions de mise en oeuvre semblent devoir être mis en cause. Ceci a orienté notre recherche dans le domaine du gradient thermique entre les deux faces de la dalle : gradient  $10^{\circ}\text{C}$  simultané avec l'état à vide de l'ouvrage, et gradient  $5^{\circ}\text{C}$  simultané avec l'état en charge, conformément à l'esprit de la circulaire du 2 Avril 1975 de la Direction des Routes et de la Circulation Routière (D.R.C.R.), bien que l'effet de ce gradient thermique d'après la circulaire citée ne s'applique en principe qu'aux ponts à poutres caissons. Cette circulaire permet d'évaluer certaines sollicitations jusqu'alors négligées, vis-à-vis desquelles seule une présence suffisante d'armatures passives est capable de limiter la fissuration du béton.

Cependant, il convient de préciser que le gradient thermique entre l'extrados et l'intrados n'est qu'un des facteurs pouvant créer des contraintes parasites dans l'ouvrage, d'autres facteurs étant : les gradients thermiques entre coeur et parois du béton lors de la construction dûs à la chaleur d'hydratation des ciments, un écart dans l'évolution du retrait entre les parois et le coeur du béton, les tassements locaux du cintre, les sollicitations locales liées à la précontrainte, la circulation sur un béton jeune d'engins de terrassement non prévus dans les calculs.

Par ailleurs, quelques ponts-dalles larges et biais calculés par le programme MRB-BA au début de sa mise au point (vers les années 70) présentaient des désordres qui pourraient être imputés à l'absence de dispositions constructives conformes aux règles de l'art dans les études (MRB est un programme de calcul de structure et vérificateur). Le sous-dossier 4 du dossier-pilote PSI-DA 68 (paru en Août 1973) traitant des ponts-dalles biais en béton armé, a fourni à ce sujet un certain nombre d'indications de base. Le chapitre 5 de la présente pièce a explicité de façon plus détaillée les recommandations à respecter pour éviter ces aléas.

Ces désordres, naturellement, ont pu être aggravés par l'effet du gradient thermique.

6.2 - DESCRIPTION DES FISSURES. La fissuration due au gradient thermique se manifeste dans ces ouvrages sur la face inférieure, suivant des lignes sensiblement perpendiculaires aux lignes d'appui (fissuration de flexion transversale) sous forme de fissures d'ouverture assez élevée, supérieure à 0,4 mm. Ces fissures respirent sous charges d'exploitation et même à vide. A titre d'exemple, selon les renseignements en notre possession, concernant un ouvrage de type PS.DP, l'ouverture maximale de ces fissures a atteint 0,6 mm alors que le souffle maximal est de l'ordre de 0,06 mm sous camion de 35 t. Par ailleurs, la température ambiante sous l'ouvrage ayant varié de  $7^{\circ}$  à  $25^{\circ}\text{C}$  sur les deux jours d'enregistrement (ne donnant pas pour autant une idée précise du gradient thermique entre l'intrados et l'extrados), le souffle maximal des fissures sous les seuls effets thermiques s'est révélé de l'ordre de 0,25 mm, beaucoup plus important que celui sous camion de 35 t.

Une fissuration de flexion longitudinale a été en outre constatée sur certains ouvrages en béton armé. Cette fissuration est de type capillaire et correspond parfaitement au fonctionnement normal du béton armé (ouverture des fissures inférieures à 0,2 mm).

Pour les ponts-dalles larges et biais, en plus des fissurations types décrites précédemment, d'autres peuvent apparaître près des abouts, côté de l'angle aigu.

### 6.3 - RECHERCHES MENEES POUR CERNER LE PHENOMENE.

Ainsi, la fissuration due au gradient thermique a-t-elle été mise en évidence. Pour cerner l'ensemble de ce problème, nous avons mené, dans la majorité des cas, les études suivantes :

#### 6.3.1 - Etudes du comportement de l'ouvrage fissuré :

Dans le cas le plus défavorable, la fissuration due au gradient thermique découperait l'ouvrage en deux bandes totalement indépendantes, sans transfert d'efforts de l'une à l'autre. On peut alors contrôler à l'aide des programmes PSI.DA ou PSI.DP, si à la limite, chaque demi-ouvrage pourrait porter l'ensemble des charges permanentes et des charges d'exploitation qui lui sont appliquées :

- lorsque la fissuration longitudinale est voisine de l'axe de l'ouvrage et tend à découper l'ouvrage en deux bandes de largeurs sensiblement égales, nous avons constaté sur certains ouvrages que la portance n'était pas affectée par cette fissuration.

- par contre, lorsque la fissure a tendance à découper l'ouvrage en deux bandes de largeurs très inégales, la portance de l'ouvrage reste pratiquement non modifiée (de l'ordre de 1 à 2 %), seulement si l'on suppose que les deux parties de l'ouvrage sont articulées l'une à l'autre le long de la fissure.

Les désordres dans les angles aigus des dalles biaisées signalés précédemment, pourraient être expliqués par plusieurs raisons :

- aux environs des abouts, les moments transversaux ont été sous-estimés par le calcul MRB en raison de l'effet de fuite (cf. § 4.3 pièce 1.2 du dossier-pilote MRB-BP 78).

Les efforts étant néanmoins faibles dans ces zones dans les conditions normales de fonctionnement, ils sont repris, en général, par le ferrailage plancher ou par celui correspondant à la condition de non-fragilité dans les deux directions d'armature (qui peut être un peu trop faible, dans le cas où les armatures ne sont pas orthogonales; voir § 5.2) ou si la résistance du béton est nettement plus grande que prévue. Il suffit néanmoins d'une perturbation quelconque pour que se développe un mécanisme de rupture (cf. § 6.5.4), et par conséquent des désordres y apparaissent. On peut citer parmi ces perturbations : l'excès de réaction d'appui de l'appareil d'appui extrême (tassement différentiel, effet du gradient thermique) et/ou le coincement de l'about du tablier (mise en butée sur un mur garde-grève), etc ...

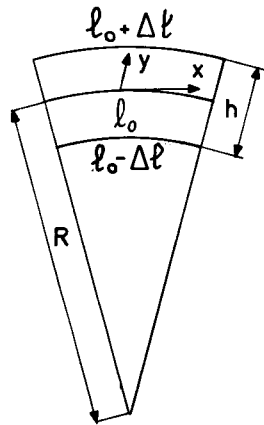
- Dans ces mêmes zones, le chevêtre incorporé au voisinage des appuis d'extrémité (cf. § 5.3) qui est nécessaire pour assurer la diffusion des réactions d'appui et renforcer le ferrailage transversal a été parfois omis.

- Les deux directions d'armatures tendues forment parfois un angle aigu faible (inférieur à 60 grades), et leurs sections ne sont pas suffisantes pour rendre non fragile la facette la moins bien armée (parallèle à la bisectrice intérieure si les deux sections d'armatures mises en place sont égales; voir § 5.2).

### 6.3,2. - Estimation des efforts dus au gradient thermique :

Des calculs MRB avec appuis dénivelés, permettent d'estimer les efforts créés dans la dalle par l'effet du gradient thermique. En effet, sous l'effet du gradient thermique  $\Delta\theta$ , la dalle supposée non pesante se déforme sphériquement. En fait le poids propre maintient la dalle sur ses appuis dans sa position initiale, engendrant, par ce fait, des tractions dans l'intrados et des compressions dans l'extrados.

Soit  $\delta$  le coefficient de dilatation thermique, variable de  $0,8 \cdot 10^{-5}$  pour des bétons à granulats entièrement calcaires à  $1,2 \cdot 10^{-5}$  pour des bétons à granulats entièrement siliceux (en moyenne  $\delta = 1 \cdot 10^{-5}$ ); on a :



$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{2} \Delta\theta \cdot \delta = \frac{1}{2} \frac{h}{R}$$

$$C = \frac{1}{R} = \delta \frac{\Delta\theta}{h}$$

L'équation locale de la surface sphérique est :

$$z = -\frac{x^2 + y^2}{2R} = -\frac{\delta \cdot \Delta\theta}{2h} (x^2 + y^2)$$

On calcule par rapport au centre de la dalle, les valeurs  $z$  des dénivellations des différents appareils d'appui de la dalle. Le programme MRB permet de calculer les efforts dans la dalle provoqués par ces dénivellations d'appui.

D'une façon générale, ces efforts dépendent du biais géométrique, de la largeur, des différentes portées et du nombre d'appuis par ligne d'appui. Abstraction faite de ces facteurs, on peut approximer comme suit par excès les moments (transversal et longitudinal) dus au gradient  $\Delta\theta$  dans la partie centrale de la dalle,  $\eta$  étant le rapport largeur droite/portée droite :

a - Cas des dalles larges ( $\eta \geq 1,5$ ) :

$$M_x = M_y = \frac{E_i I}{1 - \nu^2} (1 + \nu) C = \frac{E_i I}{1 - \nu} \delta \frac{\Delta\theta}{h}$$

$$M_{xy} = 0$$

avec  $E_i$  = module de déformation instantanée du béton,

$$I = \frac{h^3}{12} \text{ inertie par mètre de largeur de dalle,}$$

$\nu$  = coefficient de Poisson.

Pour  $E_i = 4.10^6 \text{ t/m}^2$ ,  $\nu = 0,20$ ,  $\delta = 1.10^{-5}$ , les expressions précédentes deviennent :

$$M_x = M_y = 4,17 \quad \theta h^2 \quad (\text{en tm/ml}), \quad M_{xy} = 0$$

ou bien sous forme de contraintes :

$$\sigma_x = \sigma_y = \pm 25 \Delta\theta \quad (\text{en t/m}^2) \quad \text{qui est voisin de } E_i \frac{\delta \Delta\theta}{2}, \quad \sigma_{xy} = 0$$

b - Autres cas ( $\eta < 1,5$ ) :

$$\text{Moment transversal } M_x = \sup \left\{ 0, \left[ 0,3 (\eta - 0,4) (4,5 - \eta) \frac{E_i I}{1 - \nu} \delta \frac{\Delta}{h} \right] \right\}$$

$$\text{Moment longitudinal } M_y = \frac{E_i I}{1 - \nu} \delta \frac{\Delta\theta}{h}, \quad \text{Moment de torsion } M_{xy} = 0$$

A titre indicatif, pour une dalle de 0,50 m d'épaisseur et pour un gradient thermique de  $1^\circ \text{ C}$ , les moments sont :

$$\text{pour } \eta = 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} M_x \approx 0,7 \text{ tm/ml} \\ M_y \approx 1 \text{ tm/ml} \end{array} \right. \quad \text{pour } \eta = 0,5 \quad \left\{ \begin{array}{l} M_x \approx 0,1 \text{ tm/ml} \\ M_y \approx 1 \text{ tm/ml} \end{array} \right.$$

Il résulte de ces valeurs que la fissuration de flexion transversale sous l'effet du gradient thermique se produit essentiellement pour des ponts-dalles larges.

Pour corroborer les affirmations que nous allons développer, prenons, à titre d'exemple, le cas d'un pont-dalle droit de largeur 20.921 m, d'épaisseur 0.50 m à trois travées solidaires de portées 9.59 - 13.95 et 9.59 m, chaque ligne d'appui comporte 6 appuis. Nous avons calculé cet ouvrage avec deux programmes MRB-BA et PSI-DA dont les résultats sont consignés dans le tableau figuré dans la page suivante.

Nous constatons, en travée, pour les ponts-dalles tout au moins, d'une part, que la prise en compte du gradient thermique est importante pour le calcul des efforts dans les zones et directions les moins sollicitées en l'absence du gradient thermique (par exemple, ici, le moment transversal sous (CP +  $10^\circ \text{ C}$ ) est égal à 1.72 fois le moment transversal sous (CP + ET\*); quand il s'agit de A(ℓ) ou de Bc on peut affirmer que ce rapport sera égal à 2); ou les efforts dans les angles aigus des dalles biaisées, d'autre part, que la combinaison (à vide +  $10^\circ \text{ C}$ ) dans ces mêmes zones et directions est comparable à la combinaison (en charge +  $5^\circ \text{ C}$ ). Il faudra donc prévoir des dispositions constructives transversales pour reprendre ce supplément d'effort (cf. § 6.4).

Quant au moment longitudinal en travée, la combinaison (CP +  $5^\circ \text{ C}$  + ET) donne des résultats supérieurs à ceux de la combinaison (CP + ET) de l'ordre de 25 %. Quand il s'agit de A (ℓ) ou de Bc, on peut dire que ce rapport sera de l'ordre de 15 %.

\* ET : engin de terrassement de 75 t.

Dans les zones d'appui, le moment transversal dépend peu de la forme de la dalle et, sauf dans le cas où le nombre de points d'appui par ligne d'appui descend à 3 ou 2, est approximativement le même qu'en travée dans le cas ci-dessus. Nous constatons que le moment transversal sous (CP + 10° C) est six fois plus grand que le moment transversal sous (CP + ET). Si l'ouvrage a été calculé avec PSI-DA qui comportait un chevêtre incorporé de 18.97 cm<sup>2</sup>/ml, cette densité d'armature rend le gradient thermique non dommageable. En l'absence de chevêtre incorporé (calcul MRB-BA sans gradient thermique), il faudra donc disposer des armatures transversales dans les zones d'appui suivant les mêmes règles que celles préconisées au paragraphe 6.4. Quant au moment longitudinal dû au gradient thermique, il est le même qu'en travée et sauf le cas de ponts-dalles précontraints (cf. § 6.3.3.2), il est nullement dommageable.

CALCUL MRB-BA													CALCUL PSI-DA		
CENTRE DE LA TRAVÉE 2							APPUIS INTERMÉDIAIRES						Centre Travée 2	Appuis intermédiaires	
	1° C	CP + 10° C	CP + A(ℓ)	CP + A(ℓ) + 5° C	CP + 5° C + ET	CP + ET	1° C	CP + 10° C	CP + A(ℓ)	CP + A(ℓ) + 5° C	CP + 5° C + ET	CP + ET			
MOMENT LONGITUDINAL tm/ml	1,03	22,19	30	35,16	26,47	21,31	1,14	-0,49	-23,15	-17,47	-15,31	-20,99			
MOMENT TRANSVERSAL tm/ml	0,98	11,47	5	9,92	11,60	6,68	0,96	9,88	0,7	5,52	6,43	1,61			
FERRAILLAGE INFÉRIEUR	LONGITUDINAL cm <sup>2</sup> /ml		22	30	35	27	22		1	1	1	1	1	45,81	8,38
	TRANSVERSAL cm <sup>2</sup> /ml		12	5	10	13	7		11	1	6	7	2	6,69	18,97

CP: CHARGE PERMANENTE - ET: ENGIN DE TERRASSEMENT DE 75 t.

### 6.3.3 - Fissurations des ponts-dalles attribuables au gradient thermique

Nous distinguons trois catégories de fissurations dues au gradient thermique dans le domaine de ponts-dalles.

#### 6.3.3.1 - Fissurations de flexion transversale et dans les angles aigus des ponts-dalles larges et éventuellement biais.

C'est l'objet essentiel de ce chapitre.

#### 6.3.3.2 - Fissurations de flexion longitudinale entre points d'appui.

Lors de la fin de la mise en tension des ponts-dalles précontraints, avant la pose des superstructures, la face inférieure, dans la zone d'appui, risquerait d'être en légère décompression, concomitamment avec l'effet du gradient thermique, cette situation pourrait engendrer des fissures transversales. Nous recommandons donc de prévoir une section d'armature passive longitudinale sur la face inférieure, égale à 1.5 ‰ de la section du béton dans les zones d'appui (cf. dossier-pilote PSI-DP 78) au lieu de 1 ‰ suivant les recommandations du PSI-DP 69.



Nous insistons sur le fait que ce supplément d'armature est à disposer uniquement dans les zones d'appui et non en travée : la prise en compte du gradient thermique qui majore de 15 % les flexions longitudinales sous charges d'exploitation (cf. § 6.3.2) ne signifie nullement qu'il faille considérer le gradient thermique comme un cas de charge à cumuler avec les autres charges d'exploitation et par voie de conséquence majorer systématiquement les armatures longitudinales de 15 %.

#### 6.3.3.3 - Fissurations des ponts précontraints à nervures hautes.

Se reporter à la note d'information sur les ponts précontraints à nervures hautes du 15 Octobre 1976.

#### 6.3.4 - Durabilité de la dalle fissurée.

Les fissures peuvent faciliter à terme la corrosion des armatures tant actives que passives, surtout en période d'hiver, la face inférieure des tabliers étant soumise à une atmosphère agressive due au brouillard salin qui accompagne la circulation routière, lorsque les routes sont salées. Le risque de corrosion des armatures lié à ce brouillard salin est difficile à apprécier. Des essais sont actuellement en cours sur l'Autoroute du Nord pour connaître l'agressivité du micro-climat autoroutier et sont suivis par l'Arrondissement G 1 de la D.O.A. du S.E.T.R.A., en collaboration avec le Centre Technique du Zinc.

Un tel micro-climat paraît une réalité. Cependant rien jusqu'à ce jour n'a fait apparaître la nécessité de renforcer les règles pratiques de dimensionnement utilisées jusqu'à présent dans notre pays. Pour les chaussées routières en béton armé, les Américains considèrent même qu'il n'y a pas de risque de corrosion des armatures de béton armé lorsque les fissures ont moins de 0,5 mm d'ouverture. En fait, des études plus poussées ont eu lieu ces dernières années sur la corrosion et ont été examinées par le comité technique de l'A.F.B. Des conclusions de ce Comité (28/Nov/1975) sur les "classes de précontrainte et règles de calcul relatives à la fissuration du béton", rédigées par M. MATHIEU, on peut tirer, en ce qui concerne le sujet traité par le présent chapitre, les renseignements utiles suivants :

- l'absence de fissuration ne sert qu'à gagner quelques années (moins de 10 ans) sur la corrosion pour un mauvais béton ; cette durée peut s'étendre sur de nombreuses années pour un béton de bonne qualité,
- réduire l'ouverture de fissures entre 0,1 et 0,4 mm diminue le nombre de cas d'attaque des armatures pour un nombre de fissures donné, mais accroît le nombre de fissures ; le gain sur la corrosion est négligeable,
- les dégradations constatées des armatures tant actives que passives sont d'origine électro-chimique ; ce fait implique que la présence d'eau en contact avec l'acier est la condition nécessaire d'occurrence du phénomène. En conséquence, pour éviter les phénomènes de corrosion, l'essentiel est d'assurer l'étanchéité vis-à-vis de l'eau (ou de la vapeur d'eau) venant de l'extérieur.

6.4 - CONCLUSION

Des paragraphes 6.3.1 et 6.3.3 ci-dessus, on peut conclure que cette fissuration sera non dommageable pour autant :

- que les armatures traversant la fissure ne se rompent pas, par corrosion ou par fatigue,
- que le béton ne se disloque pas dans la zone des fissures.

A ce jour, à la suite d'un certain nombre de constatations dont certaines relatives à des ponts de 10 ans d'âge, nous ne connaissons pas d'ouvrage présentant de tendance en ce sens, pourvu qu'on protège les armatures à l'aide d'un produit d'obturation à travers les fissures relativement larges. Il semble donc qu'on puisse être optimiste, mais qu'on doive encore contrôler cet optimisme en surveillant à cet égard, dans le cadre des inspections réglementaires, les ouvrages présentant de telles fissures.

Pour les ouvrages à réaliser dans le futur, il sera néanmoins souhaitable d'adopter des dispositions tenant compte du gradient thermique. Cette prise en compte peut être faite de plusieurs manières comme indiqué ci-dessous.

L'expérience actuelle du comportement des ouvrages nous conduit à recommander d'accepter un certain risque de fissuration, et donc à limiter en général les précautions à quelques mesures forfaitaires et peu onéreuses.

Nous conseillons de prévoir un ferrailage transversal inférieur au moins égal à  $1,3\eta\%$  de la section,  $\eta$  étant le rapport largeur droite/portée droite (formule remplacée par  $2\%$  pour les ouvrages dont la largeur de dalle est supérieure à 1,5 fois la portée droite). Ce ferrailage doit être réalisé de préférence avec des fers de petit diamètre ( $\emptyset$  16 au maximum).

Dans le sens longitudinal, il n'y a pas lieu de faire intervenir le gradient thermique dans la détermination ou la justification de la précontrainte sans augmentations des contraintes admissibles des aciers et tractions admissibles du béton.

Dans les cas où on désirerait un surcroît de précautions, il conviendrait de procéder à une détermination par MRB des sollicitations dues au gradient thermique. L'usage des résultats des calculs nécessitera certaines options sur les valeurs à admettre pour le coefficient de Poisson et la contrainte admissible des aciers. S'adresser au gestionnaire de l'ouvrage concerné.

Une autre solution consiste à découper un tablier large en deux ou plusieurs bandes en ménageant un joint entre les bandes de 0,50 m environ qui sera bétonné ultérieurement. Chaque bande est considérée comme devant porter à elle seule sa charge permanente, sa précontrainte et les charges d'exploitation qui lui sont appliquées. Les différentes fractions du tablier sont ensuite solidarisées entre elles par un hourdis de continuité nécessairement armé, très similaire aux solutions qui sont retenues pour l'attelage des travées des ouvrages du type VIPP ou PRAD (cf. mise à jour n° 1 du dossier PRAD, § 4.2.1 - Continuité apparente au niveau du hourdis).

6.5 - MODELE D'APPLICATION6.5.1 - Description de l'ouvrage et de la fissuration.

Nous donnons ci-après en détail l'étude de fissuration d'une dalle qui nous a été soumise pour avis et conseils.

Il s'agit d'un ouvrage en béton armé à trois travées continues, biaisés à 45 grades environ :

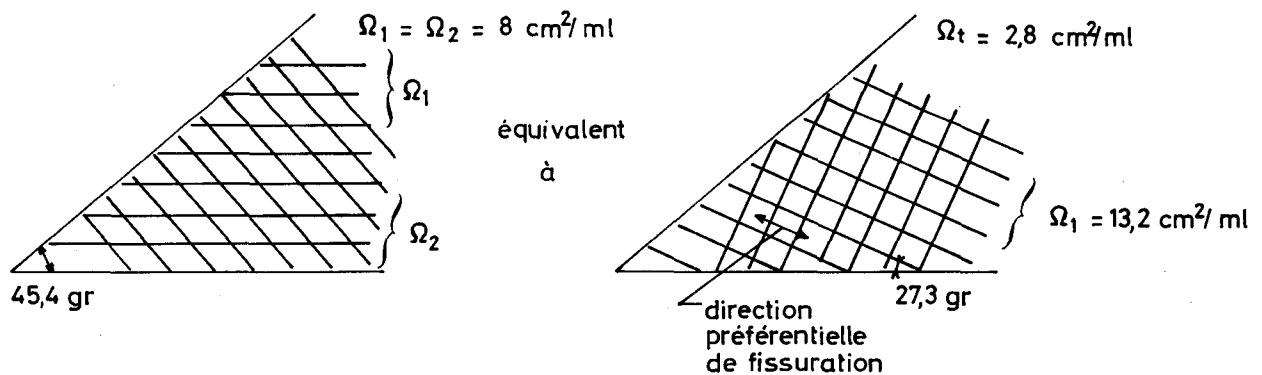
- portées droites : 9,18 - 10,27 - 9,18 m, Portées biaises : 13,94 - 15,61 - 13,94 m
- largeur droite : 16 m, Epaisseur : 0,55 m.

L'ouvrage a été calculé par le programme MRB-BA en 1969, et le système du ferrailage adopté est constitué par des armatures parallèles aux bords libres et perpendiculaires aux lignes d'appui (c'est-à-dire formant entre elles un angle aigu égal à 55 grades environ). On note l'absence des chevêtres incorporés aux abouts du tablier.

Un réseau abondant de fissurations a été constaté sur cet ouvrage, qui peut être schématisé, en travée, par des fissurations d'ouverture de l'ordre de 1 mm perpendiculaires aux lignes d'appuis, et dans l'angle aigu par des fissurations atteignant 3 à 4 mm d'ouverture (voir figure 1, page 43). On a constaté également une déflexion de 10 cm environ de la travée de rive vers l'angle aigu.

6.5.2 - Fragilité de l'ouvrage.

Dans l'angle aigu, les ferrailages sont limités aux ferrailages planchers de 4  $\emptyset$  16/ml soit 8 cm<sup>2</sup> ; ils sont équivalents à une section de 13,2 cm<sup>2</sup>/ml dans la direction de la bissectrice intérieure et de 2,8 cm<sup>2</sup>/ml dans la direction de la bissectrice extérieure. Cette dernière valeur est inférieure à la condition de non-fragilité en flexion (6,6 cm<sup>2</sup>/ml).



Par ailleurs, par référence aux indications du § 5.2 (seuil de fragilité de 6,6 cm<sup>2</sup>/ml dans toutes les directions), seule une fraction très limitée de la surface de la dalle ( $\approx 10\%$ ) s'avère non fragile.

### 6.5.3 - Effet d'un gradient thermique

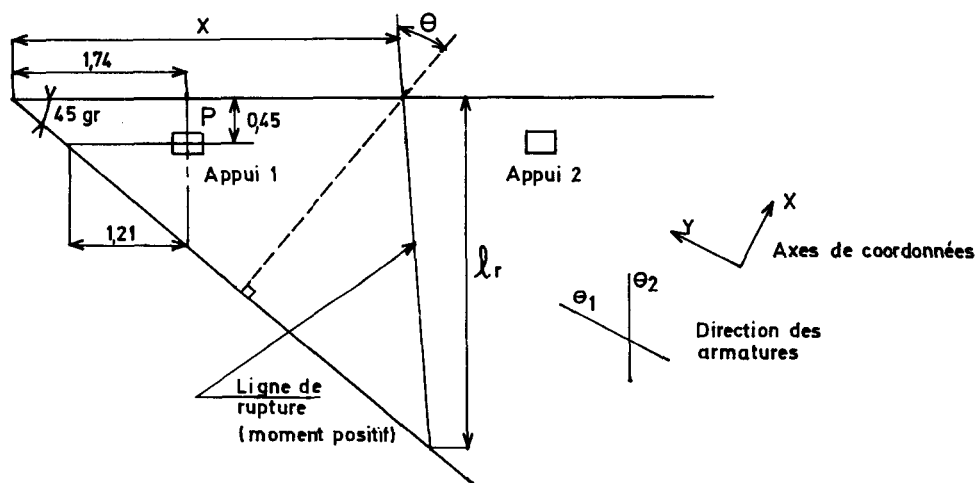
6.5.3.1 - Sous l'action de la charge permanente et d'un gradient thermique de  $10^\circ$  simulé par une déformation sphérique de la dalle et calculé par MRB (cf. 6.2.2), le tablier est soumis à une flexion presque sphérique : les moments principaux sont voisins (par exemple 14,8 et 10,4 tm/ml dans la partie centrale de la travée 2) alors que sous les cas de charge d'exploitation étudiés l'ouvrage étant soumis à une flexion quasi cylindrique (rapport des valeurs absolues des moments de flexion principaux faible, de l'ordre de 0,2).

6.5.3.2 - Ces calculs mettent en évidence l'insuffisance de ferrailage dans la direction actuellement la plus fragile vis-à-vis de la reprise des efforts dus au gradient thermique ; ceci nous a permis de dresser un schéma donnant les zones les plus sollicitées à vide avec un gradient thermique (extrados plus chaud que l'intrados) dans la direction la moins bien armée (section théorique d'armature H A dans la direction  $\theta = - 25$  gr supérieure à 10 cm<sup>2</sup>/ml ; voir figure 2 en annexe).

On remarquera la parfaite concordance entre ces zones les plus sollicitées dans la direction  $\theta = - 25$  gr et les fissurations observées.

### 6.5.4 - Fissuration dans l'angle aigu.

La portance individuelle des angles aigus n'est pas assurée. Il se développe dans les angles aigus un mécanisme de rupture d'une console, qui peut être schématisé par le croquis suivant dépendant des deux paramètres  $x$  et  $\theta$ .



A gauche de la ligne de rupture sont appliqués le poids propre de dalle (soit 1,5 t/m<sup>2</sup>, valeur caractéristique minimale) et la réaction d'appui P de l'appui 1. Avec les notations de la figure le moment de flexion le long de la ligne d'articulation est égal à  $MR = MR_1 \sin^2 (\theta - \theta_1) + MR_2 \sin^2 (\theta - \theta_2)$ ,  $\theta_1$  et  $\theta_2$  étant les directions des armatures,  $\theta_1 = 100$  gr et  $\theta_2 = 45$  gr,  $MR_1$  et  $MR_2$  étant les moments résistants de ces armatures.

a - Examinons d'abord les mécanismes avec  $\theta = 45$  gr, correspondant à des lignes de rupture perpendiculaires à la ligne d'appui, il vient

$$M = MR_1 \cdot 0,58 + MR_2 \cdot 0 \text{ et } l_r = x \cdot \text{tg } 45 \text{ gr}$$

soit 5,7 t x m/ml dans la zone où les ferrailages sont limités à 4  $\emptyset$  16 HA au mètre linéaire dans chaque direction (traction dans les aciers égale à  $2/3 \sigma_e$ )

L'équilibre du triangle à gauche de la ligne de rupture sous l'action des forces appliquées P et p et des moments le long de la ligne de rupture :

$$P(x - 1,74) - p \frac{x^2}{6} \ell_r = M. \ell_r$$

permet de déterminer la réaction d'appui limite la plus faible telle que les aciers soient tendus à  $\frac{2}{3} \sigma_e$  (domaine du béton armé normalement fissuré) ou à  $\sigma_e$  (mécanisme de rupture).

Avec  $p = 1,5 \text{ t/m}^2$  pour la charge permanente, les calculs donnent :

$$\text{Pelast} = 14,8 \text{ t} \quad \text{avec } x = 4,30 \text{ m}$$

$$\text{Prupt} = 19,0 \text{ t} \quad \text{avec } x = 4,71 \text{ m.}$$

Il est rappelé que cette application de la méthode des lignes de rupture conduit à une charge P qui est supérieure ou égale à la charge ultime réelle ; il peut y avoir des mécanismes plus défavorables.

b - Considérons maintenant la direction  $\theta$  telle que la résistance totale à la flexion le long de la ligne d'articulation (M. r) soit minimum ; cette dernière correspond sensiblement à  $\theta = 55$  grades, et les réactions limites atteintes sont alors :

$$\text{Pelast} = 14,4 \text{ t} \quad \text{avec } x = 3,96 \text{ m}$$

$$\text{Prupt} = 18,4 \text{ t} \quad \text{avec } x = 4,34 \text{ m}$$

Les réactions d'appui à vide au niveau de l'appareil d'appui 1 qui conduisent au dépassement de la ligne élastique (Pelast) ou à la rupture de l'angle aigu (Prupt) apparaissent donc comme très faibles, et il suffit par exemple d'un blocage (appui vertical accidentel) de l'angle aigu par frottement sur le garde-grève cumulé ou non avec l'effet du gradient thermique pour entraîner la rupture de la dalle dans la zone de l'angle aigu.

c - Si l'angle aigu se bloque à proximité de son extrémité, par coincement contre le garde-grève ou contre les remblais d'accès, la théorie des charges limites met en évidence des charges encore plus faibles. Ainsi si l'on considère un coincement à 0.50 m de l'extrémité, les charges limites correspondant au coincement sont, avec  $\theta = 55 \text{ gr}$  :

$$\text{Pelast} : 7,3 \text{ t} \quad \text{avec } x = 1,93 \text{ m}$$

$$\text{Prupt} : 10,2 \text{ t} \quad \text{avec } x = 2,17 \text{ m}$$

Un excès de réaction d'appui au voisinage de l'appui 1 (tassement différentiel, effet du gradient thermique) ou un coincement de l'extrémité du tablier (mise en butée sur un mur garde-grève) se traduisent par des efforts verticaux vers le haut supplémentaires sur le tablier dans la zone de l'angle aigu. Sous l'action de ces charges supplémentaires ou de forces horizontales dues au blocage, il peut se développer des mécanismes de rupture dans l'angle aigu.

Les mécanismes de rupture théoriquement les plus probables étudiés ci-dessus correspondent parfaitement bien avec les fissures observées tant en direction ( $\theta = 55$  gr) qu'en position pour l'angle aigu.

#### 6.5.5 - Propositions de réparation.

On trouvera ci-après les figures schématisant les fissures, les zones les plus sollicitées à vide avec un gradient thermique de  $10^\circ$  dans la direction la moins armée et l'esquisse d'un programme de réparation, qui peut être résumée pour l'ouvrage concerné en deux points fondamentaux, en ce qui intéresse le tablier :

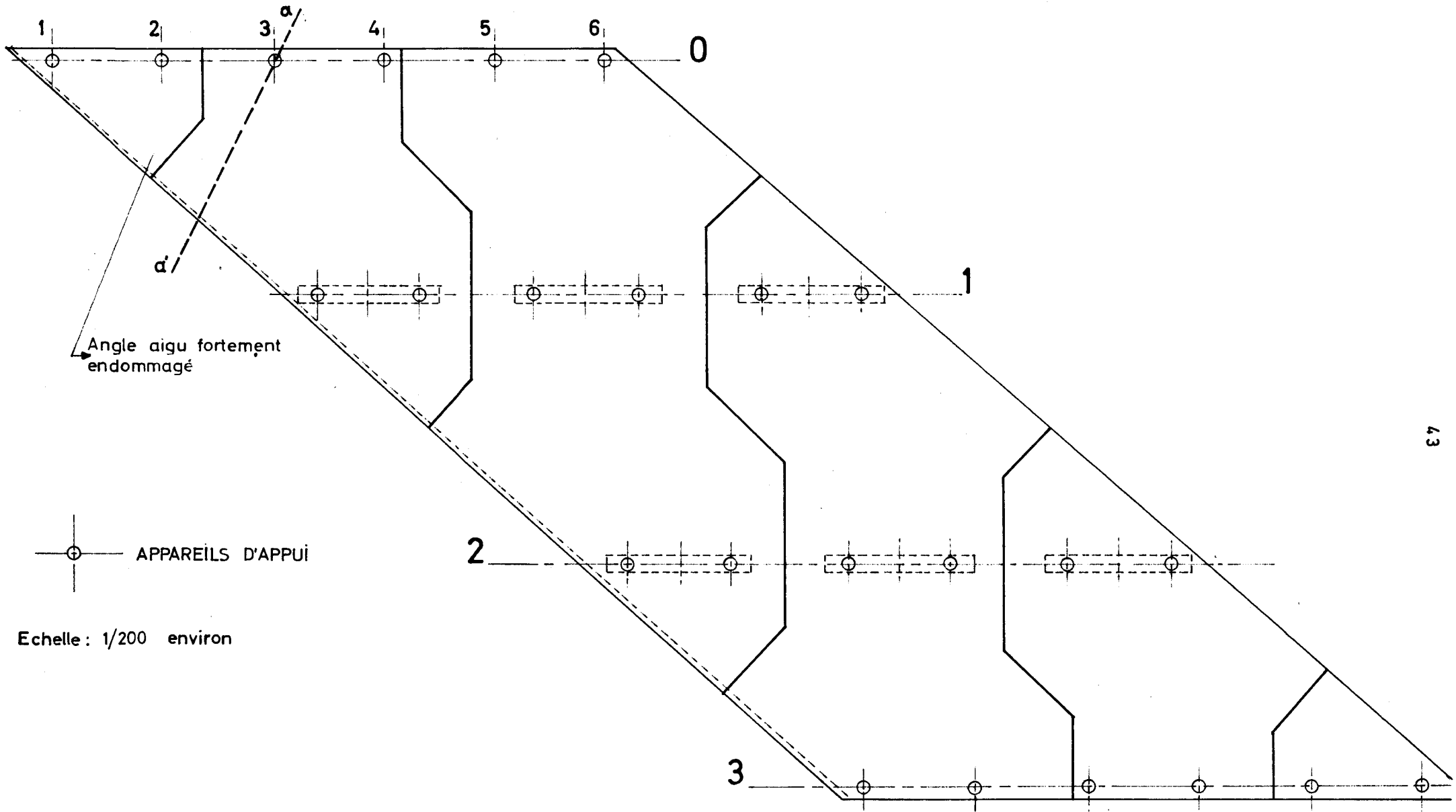
- Injecter par un produit souple des fissures présentant une circulation d'eau et étancher les autres fissures.

- Démolir l'angle aigu le plus endommagé et le reconstruire en béton armé en respectant les recommandations concernant les conditions de non fragilité (cf. § 5.2), le chevêtre incorporé aux abouts (cf. § 5.3 ) et le renforcement des bords libres (cf. § 5.4).

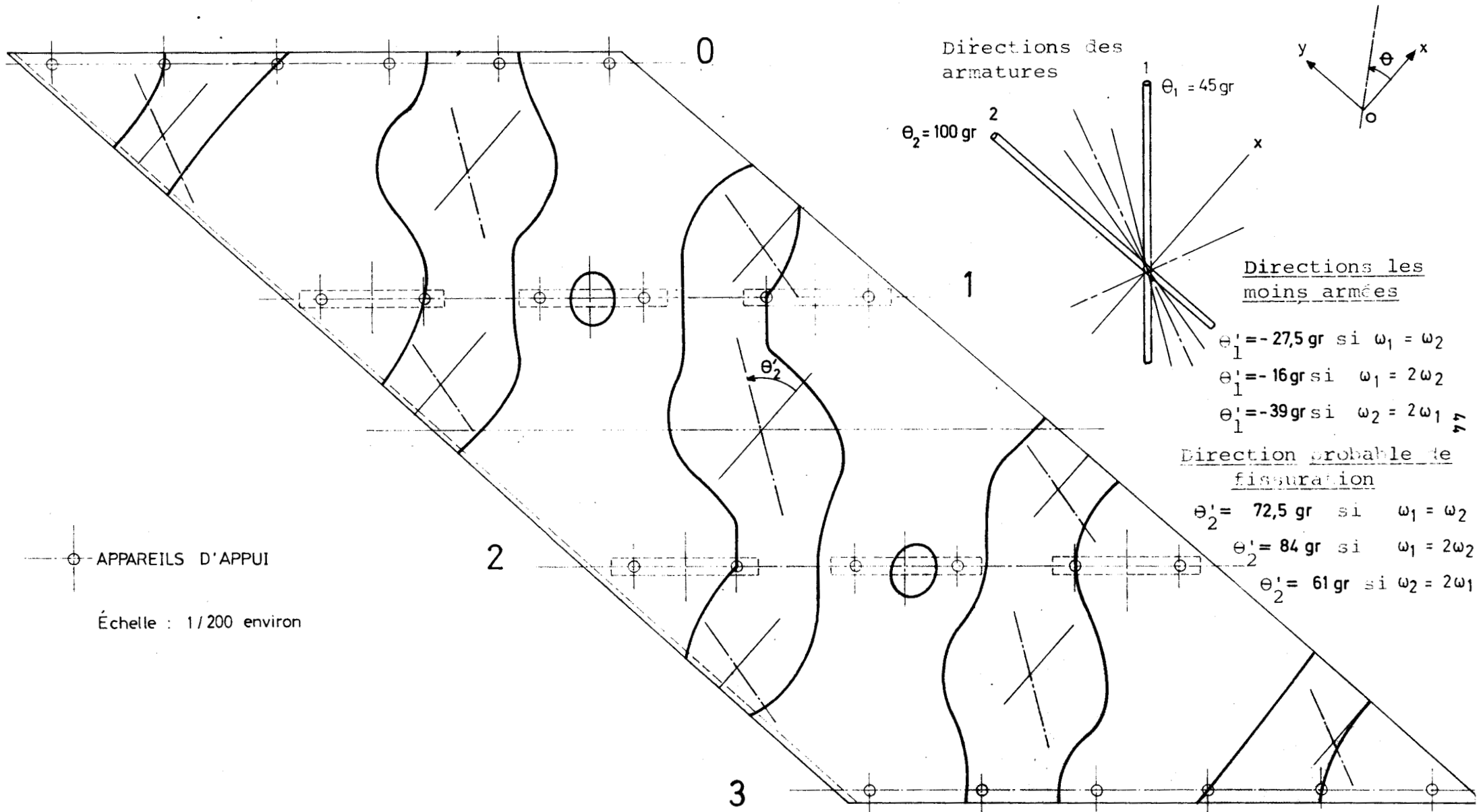
# EXEMPLE D'APPLICATION

## SCHÉMA SIMPLIFIÉ DE LA FISSURATION

Fig. 1



ZONES LES PLUS SOLLICITÉES À VIDE AVEC UN GRADIENT THERMIQUE DE 10° DANS LA DIRECTION LA MOINS ARMÉE





ESQUISSE D'UN PROGRAMME DE REPARATIONS

Fig. 3

Amorces de garde-grève et petites murettes latérales à démolir sur les deux tabliers dans les angles aigus

Eliminer les venues d'eau sur les piles-culées provenant des remblais

**Angle aigu fortement endommagé** à démolir et à reconstruire en béton armé ( cf. figure 4 )

Appareils d'appui 1 et 2 à redimensionner et à repositionner à l'aplomb des colonnes des piles-culées dans les angles aigus des deux tabliers. Si possible, pesée sur 24 heures au moins des réactions des appuis 1 et 2 ( dans leur position ancienne et dans leur position nouvelle )

Si besoin, remplacement des autres appareils d'appui sur piles-culées

**Grandes fissures longitudinales**

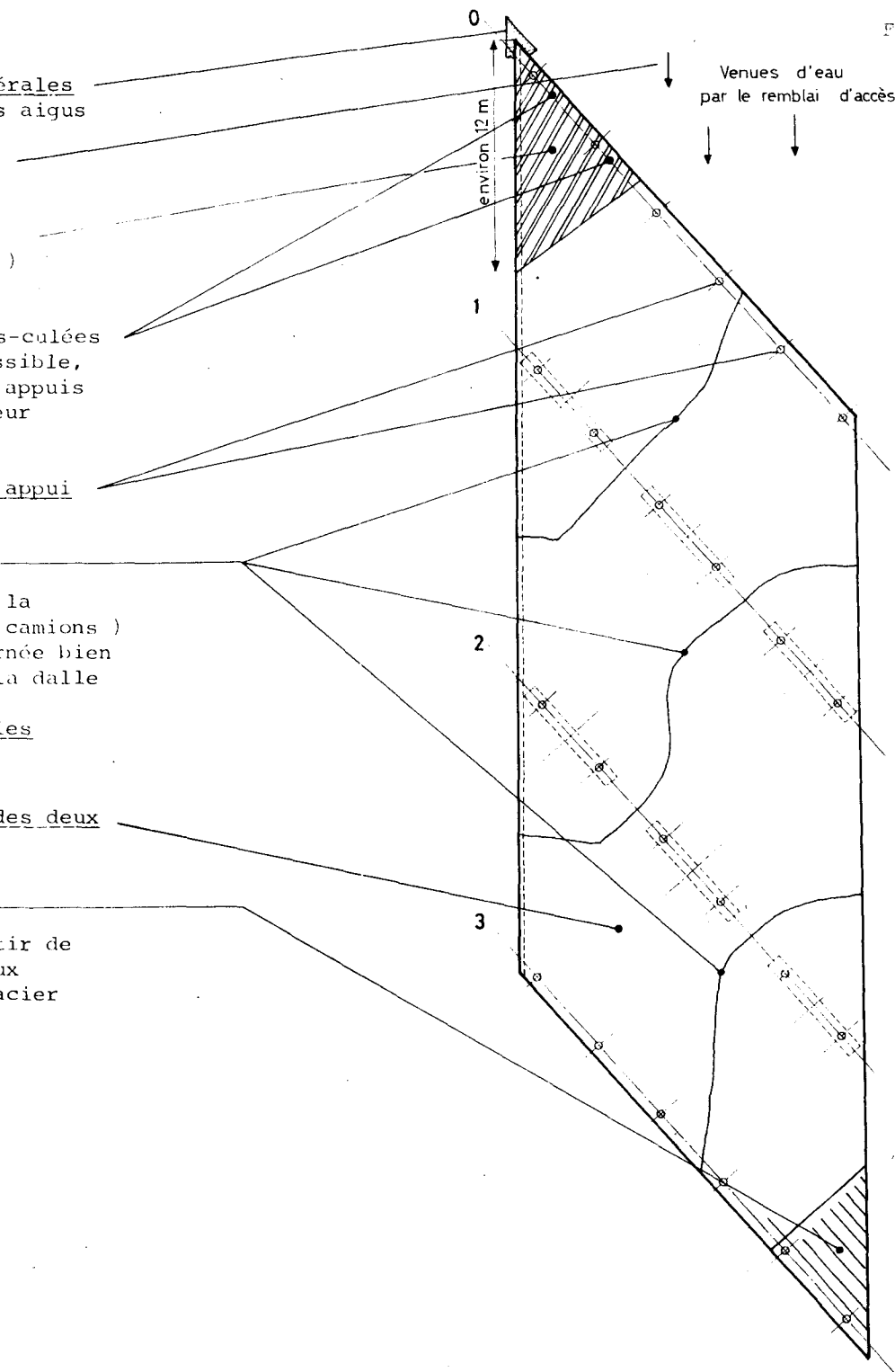
- mesures en quelques points, 6 au maximum, de la variation d'ouverture sous charges roulantes ( camions ) et sous variation climatique ( 24 h. d'une journée bien ensoleillée avec mesure des températures dans la dalle de béton ).

- n'injecter par un produit souple que les seules fissures présentant une circulation d'eau

Réfection partielle ou totale de l'étanchéité des deux tabliers dès maintenant ou à terme

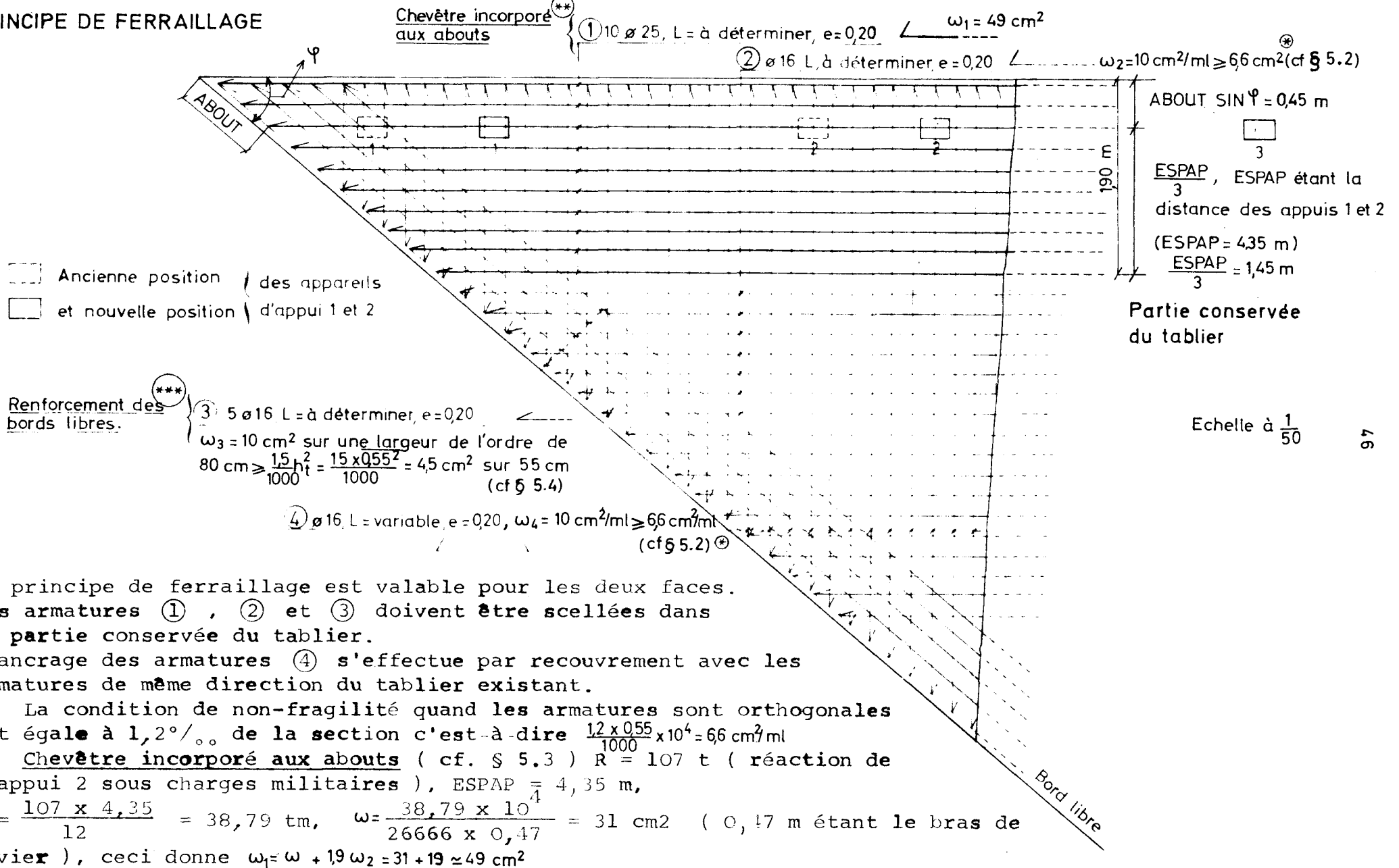
**Autres angles aigus**

Renfort par plats collés sur 8 m environ à partir de l'angle aigu. Bandes disposées parallèlement aux piles-culées. Environ 12.5 cm<sup>2</sup>/ml de plats en acier de nuance E 24.



RECONSTRUCTION DE L'ANGLE AIGU FORTEMENT ENDOMMAGÉ

PRINCIPE DE FERRAILLAGE



Ce principe de ferrailage est valable pour les deux faces. Les armatures ①, ② et ③ doivent être scellées dans la partie conservée du tablier.

L'ancrage des armatures ④ s'effectue par recouvrement avec les armatures de même direction du tablier existant.

(\*) La condition de non-fragilité quand les armatures sont orthogonales est égale à 1,2‰ de la section c'est-à-dire  $\frac{12 \times 0,55}{1000} \times 10^4 = 66 \text{ cm}^2/\text{ml}$

(\*\*) Chevêtre incorporé aux abouts (cf. § 5.3) R = 107 t (réaction de l'appui 2 sous charges militaires), ESPAP = 4,35 m,

$M = \frac{107 \times 4,35}{12} = 38,79 \text{ tm}$ ,  $\omega = \frac{38,79 \times 10^4}{26666 \times 0,47} = 31 \text{ cm}^2$  (0,47 m étant le bras de levier), ceci donne  $\omega_1 = \omega + 19 \omega_2 = 31 + 19 \approx 49 \text{ cm}^2$

(\*\*\*)  $\omega_3$  correspond à la reprise d'un moment longitudinal supplémentaire égal au moment de torsion de 16 tm/m lu dans la note de calcul MRB.(cf § 5.4)

## CHAPITRE 7

## ANALYSE DU SOUS-DOSSIER N°1

Dans le premier sous-dossier, ont été groupées toutes les pièces en rapport avec les programmes MRB et avec eux seuls. Toutefois, on a cru bon d'éviter des redites en reportant les commentaires des notes de calcul MRB.BA et MRB.BP au niveau du premier exemple d'application : pièces 2.2.3 et 2.2.5 respectivement.

Pièces 1.1 - Le modèle de la bande infinie. Son calcul par la Méthode des Réflexions Biharmoniques.

La lecture de cette pièce n'est pas indispensable à l'Ingénieur projecteur de ponts-dalles ni même à l'utilisateur des programmes MRB.

Cependant les pièces-pilotes feront renvoi, en temps utile aux paragraphes qui représentent un intérêt certain au niveau de l'exploitation.

Le premier chapitre motive le choix du modèle mécanique qui permet d'étudier commodément les tabliers de ponts-dalles.

Ces considérations intéressent aussi bien le spécialiste de la mécanique théorique que l'Ingénieur d'étude et les pièces-pilotes suivantes ne manquent pas d'y faire renvoi.

Le chapitre 2 est une démonstration complète de la construction de la fonction de GREEN de la bande infinie sans appui dont les bords sont libres et rectilignes ou circulaires :  $G(z, z')$ .

- $z$  : affixe du point d'étude,
- $z'$  : affixe du point d'application de la force verticale.

Le caractère purement analytique de cette partie ne s'adresse qu'aux théoriciens de l'élasticité.

Les chapitres 3 et 4 décrivent les procédures de calcul numérique qui permettent d'évaluer les surfaces d'influence et les états de déformation, de flexion et d'effort tranchant des bandes appuyées et chargées à partir des coefficients d'influence,  $G(z, z')$  de la bande sans appui.

Le chapitre 4 intéresserait plutôt les informaticiens alors que le chapitre 3 s'adresserait de préférence aux Ingénieurs concernés par le problème de Résistance des Matériaux.

Le chapitre 5 compare, dans différents cas particuliers, la Méthode des Réflexions Biharmoniques avec diverses autres méthodes tant numériques qu'expérimentales. C'est ainsi qu'ont pu être cernés le domaine d'utilisation des programmes d'application et les ordres de grandeur sur la précision des résultats.

Pièce 1.2 - Les programmes d'application.

Cette pièce est destinée à guider l'utilisateur dans la construction du modèle mécaniquement équivalent à la structure envisagée. Comme les notations introduites et les traitements d'information qu'elles entraînent sont le plus souvent communs aux deux programmes MRB, nous avons réuni leur présentation dans une même pièce. La connaissance détaillée de cette pièce est évidemment une condition d'accès sine qua non aux programmes MRB.

Pièces 1.3, 1.4, 1.5 et 1.6.

Ces pièces permettent de passer la commande d'un calcul de pont-dalle.

Les pièces 1.4 et 1.6 commettent les données des programmes MRB-BA et MRB-BP. La commande d'un calcul consiste à définir l'ensemble de ces données sur tirages des bordereaux correspondants. (cf. pièces 1.3 et 1.5 imprimées sur calques).

Pièce 1.7 - Le dimensionnement des armatures passives.

Faute de prescriptions réglementaires en la matière, nous avons établi un ensemble cohérent et complet de règles pour le dimensionnement des armatures passives tant horizontales que verticales à prévoir dans les diverses zones d'un tablier de pont-dalle : les zones en béton armé, les zones précontraintes seulement dans une direction et les zones doublement précontraintes.

Les programmes MRB appliquent automatiquement des règles de dimensionnement des armatures horizontales de flexion. Par contre, l'utilisateur aura à prendre connaissance de règles de dimensionnement des armatures complémentaires en vue de leur application manuelle.

Pièce 1.8 - Le dimensionnement des ponts-dalles biais en béton précontraint.

Cette pièce permet de déterminer, à l'aide d'abaques, l'épaisseur de la dalle, la force de précontrainte et sa direction optimale par rapport à la perpendiculaire au bord libre en fonction du biais géométrique et de la portée déterminante de la dalle, conformément au fascicule 61, titre II du CPC et à l'esprit de L'IP2.

Pour élaborer cette pièce, nous avons généralisé les prescriptions de l'IP2 pour les raisons suivantes :

- L'effort normal de la précontrainte fait tourner le tenseur principal des contraintes de plus de 20 grades par rapport aux directions mécaniques principales (déterminées suivant l'article 38 de l'IP2, en travée, sous l'effet des charges permanentes et des charges d'exploitation, précontrainte exclue). Donc la contrainte de traction maximale (en valeur absolue), en service, n'est pas dirigée et de loin suivant la direction mécanique principale. Or, selon l'IP2 (cf. article 41.2) les sections à justifier sous efforts généraux sont toutes orientées perpendiculairement et parallèlement à la direction mécanique principale ; alors que c'est justement dans les sections parallèle et perpendiculaire à la contrainte de traction maximale que le béton est effectivement sollicité au maximum.

- Au droit des points d'appuis des piles intermédiaires, résident des contraintes de traction très élevées dues aux efforts locaux. Il est donc très pénalisant de justifier ces efforts en genre II, justification qui est par ailleurs généralement admise pour les ouvrages routiers et autoroutiers (cf. article 3 de l'IP2). Nous nous sommes inspirés du troisième commentaire de l'article 40 (ce n'est que dans des cas très exceptionnels qu'une vérification en genre I ou II peut être prescrite sous efforts locaux) pour donner au prédimensionnement des dalles biaisées un caractère peu pénalisant, en poussant plus loin la limite des contraintes de traction :  $3 \sigma_j$  au lieu de  $2 \sigma_j$  en genre IIIa (ou  $2,5 \sigma_j$  en genre IIIb) (cf. article 21.3.2.3 de l'IP2).

Nous avons donc imaginé deux genres de vérification, appelés genres II et III généralisés, dont les limites de contraintes de traction dans la section d'enrobage ne doivent pas dépasser les valeurs suivantes :

Genre	Contraintes de traction, suivant les directions mécaniques principales, en service.	Contraintes de traction maximales, en service.
II généralisé	$\sigma_j$	$1,5 \sigma_j$
III généralisé	$2 \sigma_j$	$3 \sigma_j$

Ceci étant dit, sont envisagés dans cette pièce d'une part, les travées indépendantes et d'autre part les tabliers dalles continus.

Pour les travées indépendantes, deux justifications vis-à-vis des états-limites d'utilisation ont été établies en deux genres II et III généralisés, en travée.

Pour les travées continues, une seule justification vis-à-vis des états-limites d'utilisation a été établie en genre II généralisé en travée et en genre III généralisé aux points d'appuis.

Le béton a été choisi parmi le plus courant c'est-à-dire celui qui atteint une résistance caractéristique à la compression égale à 25 MPa à 28 jours, donc,  $\sigma_{28} = 214,20 \text{ t/m}^2$ .

Par ailleurs, les abaques de la pièce 1.8 correspondent à un optimum économique entre les quantités de béton et d'acier de précontrainte lorsque le coût du mètre cube (m<sup>3</sup>) de béton est proche du coût de 30 kg d'acier dur pour la précontrainte.

Cette pièce annule et remplace la pièce 2.1.4 (le dimensionnement du tablier) du précédent dossier MRB 70.

## CHAPITRE 8

## ANALYSE DU SOUS DOSSIER 2 : PONTS-DALLES BIAIS A TRAVÉE UNIQUE

Le sous-dossier n° 2 groupe l'ensemble des pièces relatives à la conception des ouvrages au biais accusé réalisés sous forme de ponts-dalles à travée unique. C'est une reprise intégrale du sous-dossier 2 dossier MRB-BP 70 allégé de la pièce 2.1.4 et dans laquelle on a apporté des remaniements aux pièces 2.2.1, 2.2.2 et 2.2.4. Il convient de noter que l'ouvrage type saut de mouton standard a été pratiquement remplacé par le portique ouvert de biais prononcé depuis la parution du sous-dossier 5 du dossier-pilote PIPO, dont le coût est très inférieur (de 20 à 40 %) à la travée unique biaise sur culées.

Ce sous-dossier se subdivise en trois parties :

\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*

- la première partie (chemise 2.1) groupe les pièces pilotes relatives à l'étude des ponts-dalles biaises à travée unique précontraints et même armés. De nombreux paragraphes et alinéas des pièces pilotes de cette partie sont également applicables aux portiques de biais prononcé, en procédant, bien entendu, à des adaptations appropriées de terminologie (par exemple piédroit à la place de mur de front, traverse à la place de tablier, etc...). Ils sont signalés dans ce qui suit par une mention en marge sous forme d'astérisque (\*).

- la seconde partie (chemise 2.2) présente un modèle d'application de tablier de Saut-de-Mouton Standard de configuration sévère structuré en dalle de béton précontraint dans deux directions.

- la troisième partie (chemise 2.3) rassemble les fiches techniques de l'ensemble des tabliers de ponts-dalles en béton précontraint faisant partie de la collection des modèles d'application (diffusion sur demande seulement).

8.1 - PREMIERE PARTIE. PIECES PILOTES.Pièce 2.1.1 - Notice.

Après avoir présenté la morphologie des ponts biaises à travée unique en zone courante et en zone de tassement notable, une discussion est ouverte sur le domaine d'application de ce type d'ouvrage compte-tenu des limites techniques mais aussi de l'existence d'autres types d'ouvrages.

Le Saut de Mouton Standard est ensuite défini comme étant l'ouvrage de franchissement en passage inférieur d'un échangeur du type Saut-de-Mouton dont l'angle biais des voies inférieure et supérieure est normalisé à la valeur de 50 ou de 35 grades.

La conception d'un pont-dalle à travée unique au biais accusé - terminologie couvrant une gamme d'ouvrages plus étendue que le Saut-de-Mouton Standard - a été décomposée en opérations indépendantes pouvant être conduites de façon séquentielle :

\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*

- une recherche de normalisation du biais appelle, éventuellement, une retouche du tracé ;

\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*  
\* \*

- l'implantation des murs de front est axée sur le fait de savoir s'il est économiquement judicieux de simplifier les études et l'exécution en réalisant deux tabliers de configurations identiques en plan, quitte à majorer la surface de tablier, ou de réaliser deux tabliers différents de surface moindre.

\* \* - le choix de l'implantation et du type des murs de tête est motivé essentiellement par des soucis d'ordre esthétique.

\* \* - le choix des dispositions constructives du tablier se prête à de plus longs développements parce qu'un tablier de pont-dalle au biais accusé peut être réalisé soit en béton doublement précontraint, soit en béton simplement précontraint, soit en béton entièrement armé ; et pour chacune de ces structures, on peut concevoir plusieurs systèmes d'orientation pour les nappes d'armatures horizontales ; le dossier MRB.BP ne traite que des tabliers en béton précontraint dans une ou dans deux directions, pour plus amples renseignements concernant la solution complètement en béton armé, l'utilisateur peut consulter utilement le sous-dossier 4 du PSI.DA 68 (cf. § 4.3.2.) et les chapitres 5 et 6 de la présente pièce.

\* \* - le choix de la plupart des équipements (appareil d'appui, joint de chaussée, dalle de transition, corniche) est rendu spécifique par la présence d'un angle de biais accusé.

\* \* Enfin des indications rapides sont données sur la progression et sur la consistance des études en fonction du degré d'avancement du projet.

\* \* En conclusion, nous attirons l'attention du maître d'oeuvre sur certains aspects de l'exécution.

\* \* Pour l'intelligence de cette pièce, nous avons illustré nos propos de nombreux schémas, vues perspectives, photographies de maquettes et planches de dessins.

#### Pièce 2.1.2 - Dessins de coffrage de murs.

\* \* La conception des murs de tête et celle de leur raccordement avec les murs de front posent des problèmes spécifiques suivant que le biais est accusé (35 gr ) ou peu accusé (50 gr ).

\* \* Les dessins-pilotes de coffrage présentent une solution pour chacune des trois configurations les plus courantes :

- \* \* - avec les murs de tête du type en aile ;
- \* \* - avec les murs en retour,
- \* \* - avec les murs de tête du type mixte (en aile du côté de l'angle obtus du tablier et en retour de l'autre).

\* \* La première solution s'accommode d'un angle de biais pratiquement quelconque et les deux suivantes d'un angle de biais supérieur ou égal à 50 grades.

#### Pièce 2.1.3 - Les lignes directrices de la conception.

Il nous a paru judicieux de faire suivre les développements à caractères formels et quantitatifs de la pièce 1.8 , qui traite du dimensionnement du tablier, par une pièce simplement destinée à donner à l'utilisateur un aperçu sur les particularités du problème mécanique posé et une discussion sur les diverses solutions techniques envisageables.

La lecture de cette pièce n'est pas à proprement parler indispensable ; mais nous conseillons vivement au projeteur de la parcourir, ne serait-ce que pour guider son sens intuitif.

Le fil directeur de cette pièce est le suivant :

- commenter le comportement mécanique du modèle d'application, présenté dans la partie 2.2, en ne s'attachant qu'aux particularités vraiment spécifiques aux ponts-dalles biais à travée unique ;

- analyser l'influence de diverses dispositions pour les nappes d'armatures actives envisageables, mettre en balance leurs avantages, leurs inconvénients, cerner enfin celles qui paraissent les plus appropriées.

## 8.2 - SECONDE PARTIE (SOUS-DOSSIER 2.2)

Le modèle 6.143.35 \ 143 \* du dossier MRB-BP 70, bien qu'établi avec l'ancien programme MRB-BP 70, le règlement de charges 1960 et l'Instruction Provisoire n° 1, conservant sa valeur pédagogique, est repris dans cette nouvelle édition MRB-BP 78. Abstraction faite des valeurs numériques, ce dossier fournit la marche à suivre pour étudier par le programme MRB, les ponts-dalles biais à une travée et doublement précontraints.

Le modèle d'application (cf. chemise 2.2) correspond au franchissement d'une chaussée unidirectionnelle à trois voies par une plateforme d'autoroute du type 143\* sous un angle de biais de 35 grades. Nous avons retenu ce franchissement non pas pour sa fréquence de réalisation mais parce que les caractéristiques géométriques de chaque demi-tablier semblent approcher à tous égards les limites techniques attachées à ce type de tablier.

En effet, on voit mal comment justifier une chaussée à trois voies partant d'une chaussée d'autoroute comprenant elle aussi trois voies : toutefois une telle réalisation est concevable, en particulier dans le cas où la pente du profil en long de la chaussée franchie nécessite une voie poids lourds.

### Pièce 2.2.1 - Note de calcul manuel.

Cette pièce groupe l'ensemble des calculs manuels nécessaires au remplissage des bordereaux des données. Cette pièce est essentiellement une reprise de l'ancienne pièce de même appellation du dossier MRB-BP 70. Le remplacement de la pièce 2.1.4 relative au prédimensionnement par la pièce 1.8 nous a amené à remanier légèrement cette pièce.

On y trouve aussi un avant-métré des quantités de matériaux.

### Pièces 2.2.2 et 2.2.4 - Bordereaux des données MRB-BA et MRB-BP.

Nous avons reproduit dans leur totalité, les bordereaux des données MRB-BA et MRB-BP correspondant aux notes de calcul dont on trouvera de larges extraits commentés respectivement dans les pièces 2.2.3 et 2.2.5.

Il est important de noter que le remplacement du programme MRB-BP 70 par le programme MRB-BP 78 nous a conduit à ajouter des explications dans ces pièces permettant d'établir la correspondance entre les différents bordereaux de l'ancien programmé avec ceux du nouveau programme.

---

\* Ce type d'autoroute a une vitesse de référence 140 avec 3 voies pour chaque chaussée d'où l'immatriculation (cf. CAT 75, chapitre 4) 6.143.35 \ 143 retenue pour l'exemple d'application.



Pièces 2.2.3 et 2.2.5 - Notes de calcul MRB-BA et MRB-BP commentées

Ces extraits comprenant la presque totalité des types de tableaux de résultats que les programmes MRB-BA et MRB-BP sont susceptibles de fournir; la consistance de ces extraits permet de suivre la procédure des traitements.

Sur ces extraits, l'utilisateur trouvera :

- Les commentaires automatiquement imprimés par l'ordinateur ;
- Des annotations complémentaires surimprimées.

Commentaires et annotations jointes aux explications de la pièce 2.2.1 doivent amplement suffire à l'intelligence du déroulement et de la consistance des calculs.

Pièces 2.2.6 à 2.2.9.

Ces pièces comprennent :

- les plans de coffrage (pièce 2.2.6)
- le plan de câblage (pièce 2.2.7)
- le plan de ferrailage passif (pièce 2.2.8) et certains détail de ferrailage (pièce 2.2.9).

8.3 - TROISIEME PARTIE

Dans le cadre de la normalisation des dispositions constructives des S.M.S. en béton précontraint, nous avons traité, outre le modèle d'application présenté dans la seconde partie, quatre autres exemples. La troisième partie présente cet éventail sous la forme condensée de fiches techniques.

Nous n'avons pas jugé utile de faire une diffusion générale de ces fiches (cf.§0.1), cependant, elles pourront être diffusées à la demande expresse de l'utilisateur.

Chaque fiche comprend :

- un plan de coffrage,
- un plan de câblage et quelques coupes de câblage,
- un plan des armatures passives horizontales,
- un avant-métré.

Pièce 2.3.1 - Modèle 6.143.35\143.

On se fera une idée de la consistance de ces fiches en comparant celles du modèle d'application (cf. chemise 2.2) avec les dessins des pièces 2.2.6 à 2.2.9.

Pièce 2.3.2 - Modèle 6.142.35\143.

Le franchissement relatif à ce modèle diffère du précédent par le fait que la voie inférieure présente les caractéristiques d'une autoroute du type 142.

Les demi-tabliers ont été traités en dalle doublement précontrainte vu l'inclinaison des contraintes principales sur la direction des armatures de précontrainte longitudinale.

Pièce 2.3.3 - Modèle 6.9 .35 \ 142.

Cet ouvrage permet le franchissement d'une bretelle à deux voies par une chaussée d'autoroute du type 142. le demi-tablier est, en première approximation, homothétique de celui du modèle d'application. Il n'a pas paru nécessaire de précontraindre transversalement le tablier, mais la direction des armatures actives longitudinales est bien entendu inclinée sur les bords libres.

Pièce 2.3.4 - Modèle 6.1.50 \ 7.

Cet ouvrage pourrait s'inscrire dans le cadre d'un échangeur où une bretelle d'autoroute à deux voies franchirait une voie inférieure dont le profil serait du type 1 dans la nomenclature du C.A.T., sous un angle de biais de 50 grades.

Ce tablier est uniquement précontraint suivant la direction des bords libres.

## CHAPITRE 9

## ANALYSE DU SOUS DOSSIER 3

## PONTS-DALLES BIAIS CONTINUS A TROIS TRAVÉES

Ce sous-dossier fournit à l'utilisateur la procédure à suivre pour l'étude d'un pont-dalle biais à 3 travées solidaires en béton précontraint selon l'Instruction Provisoire n° 2 (IP2). Cette étude peut être généralisée dans ses grandes lignes aux ponts-dalles au biais quelconque et comportant plusieurs travées. Il comporte les pièces énumérées ci-dessous.

Pièce 3.1 - Note de calcul manuel.

L'utilisateur trouvera dans cette pièce le prédimensionnement de la dalle d'après la méthode préconisée par la pièce 1.8 et le calcul de précontrainte en vue du remplissage des bordereaux de données du MRB-BP 78, selon l'IP2.

En outre, la note de calcul électronique MRB-BP étant une vérification aux états-limites d'utilisation, cette pièce fournit au vu des résultats de la note de calcul, la vérification manuelle aux états-limites ultimes, ainsi que les calculs d'armatures passives d'efforts tranchants et de poinçonnement et les calculs relatifs aux zones d'about ou d'appuis et aux efforts concentrés conformément aux règles de l'IP2.

Pièce 3.2 - Bordereaux des données MRB-BP (remplis et commentés).

Pièce 3.3 - Note de calcul MRB-BP commentée.

Pièce 3.4 - Plan de coffrage.

Pièce 3.5 - Câblage et ferrailage.

## CHAPITRE 10

## ESTIMATION DU COÛT D'UNE NOTE DE CALCUL MRB

Suivant les niveaux de prestations (§ 9.32, page 100, CAT. 75) nous donnons dans le tableau suivant le tarif d'une note de calcul MRB à la date du 1er Janvier 1982.

Programmes	Niveau A	Niveau B		Niveau C
		N° Prix	Prix (frs TTC)	Prix (frs TTC)
MRB -BA et MRB - BP ( dans le cas d'un PIPO ou d'un SMS )	sans objet	0631	900 + 14 s sans plafond	900 + 18 s sans plafond
MRB -BA et MRB - BP ( dans les autres cas courants )	sans objet	0632	680 + 155 N $\ell$ ( 8 m + c )	1,25 fois le niveau B
MRB -BA et MRB -BP ( cas non courants )	sans objet	0633 0634	3,0 UP + 800 si $N(UP) \leq 0,5$ 1,8 UP + 2000 si $N(UP) > 0,5$	1,25 fois le niveau B

s : surface utile du tablier, exprimée en prenant comme unité de longueur la longueur d'une maille de calcul

N : nombre de travées

$\ell$  : longueur de la bande d'étude ( $\ell = J_{MAX} - J_{MIN} + 1$ )

m : nombre de mailles élémentaires par ligne (m = MMAX)

c : somme du nombre de points où l'utilisateur demande le calcul des surfaces d'influence et du nombre de cas de charges d'exploitation (charges du type A, Bc, charges rectangulaires).

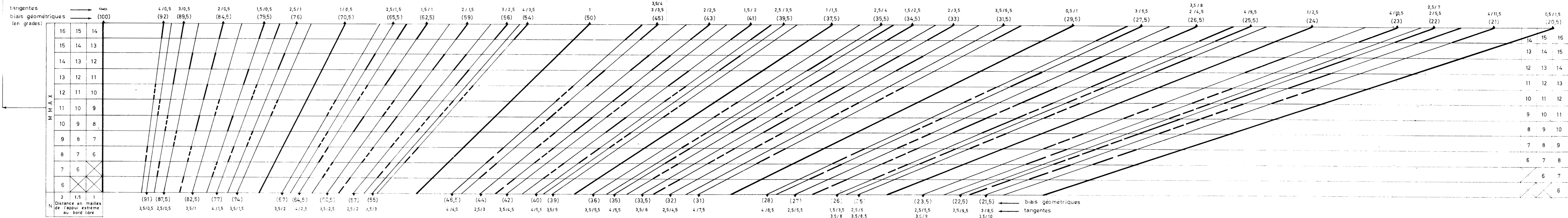
UP : montant des prestations ordinateur selon le barème général des prestations au guichet de la Division Informatique du SETRA; seul est retenu le prix correspondant aux unités de production en traitement prioritaire.

N(UP): nombre total d'unités de production ( exprimé en heures ) nécessaire pour exécuter la prestation demandée.

ANNEXE - " BIAIS NORMALISÉS "

Abaque donnant le nombre d'appareils d'appui également espacés par ligne d'appuis en fonction de la taille des tables précalculées et du biais des lignes d'appuis.

Ce tableau permet, au stade de l'établissement du modèle mathématique de la dalle, de choisir le nombre total maximum d'appuis pour un MMAX donné, en jouant sur le biais géométrique.  
Exemple: Pour MMAX=9 et un biais géométrique de 45 gr, on peut obtenir 3 appuis. Si l'utilisateur juge qu'il faut augmenter le nombre d'appuis (pour éviter l'effet néfaste des fuites aux lignes d'appuis extrêmes, ou des moments transversaux élevés entre appuis d'une même ligne, s'ils sont trop espacés) il peut changer le biais à 43 gr pour en avoir 4, ou bien à 50 gr pour avoir un appui à tous les nœuds.



LÉGENDE :

Le nombre total d'appuis est calculé par la formule :  $\frac{MMAX - 2N}{NU} + 1$   
 MMAX = nombre total de mailles dans le sens transversal de la dalle  
 N = distance en mailles de l'appui extrême au bord libre  
 NU = numérateur des tangentes correspondant au biais géométrique  
 Cette formule est valable à condition que le rapport  $\frac{MMAX - 2N}{NU}$  soit un entier.

- — — — : Le nombre total maximum d'appuis (pour une ligne) est égal à 2
- - - - - : - id - 3
- — — — : - id - ≥ 4
- — — — : Impossible





**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**

DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

CALCUL ÉLECTRONIQUE DES STRUCTURES

**MRB.BP 78**

**1.3**

**Bordereaux des données MRB\_BA**

MAI 1978

Document réalisé et diffusé par la Division des Ouvrages d'Art du  
46, av. Aristide Briand - 92223 BAGNEUX - Tél. 664.14.77

**SETRA**

-----  
CADRE DE LETTRE DE COMMANDE  
(à envoyer en 3 exemplaires)

I - ADRESSER LA COMMANDE A :

Monsieur l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Directeur de la DOA  
A l'attention de M. l'Ingénieur des Ponts et Chaussées  
Chargé de l'Arrondissement T1  
S.E.T.R.A.  
B.P. 100 - 92223 BAGNEUX

II - CADRE DE LA DEMANDE.

Prière de bien vouloir procéder au calcul de l'ouvrage dont nous vous faisons parvenir ci-joint le tableau des données dûment rempli en double exemplaire.

L'objet du calcul est le suivant (rayer les mentions inutiles)

Projet (A.P.D.)	Contrôle ou vérification
Consultation des entreprises	Prédimensionnement d'un pont courbe
Etude d'exécution	Prédimensionnement d'un pont biais

Indiquer si cet ouvrage a fait l'objet de calculs électroniques antérieurs et par quels programmes :

III - IMPRESSION DE LA NOTE DE CALCUL.

La note de calcul sera expédiée en trois exemplaires (l'original plus deux photoréductions au format 210 x 297).

Je vous prie de bien vouloir m'envoyer                    exemplaires supplémentaires photoréduits.

Ces exemplaires supplémentaires sont facturés en sus (coût des photocopies).



PROGRAMME MRB.BA 78

-----

- Service ou organisme demandeur : (nom - adresse)
- Ingénieur ayant rempli le bordereau des données : Nom : Tél :
- Désignation de l'ouvrage à calculer :  
- nom - numéro
- voie portée : - voie franchie :  
(préciser : autoroute; RN ; CD ; voirie vicinale ; voirie urbaine)
- Expédition de la note de calcul : nom  
adresse :
- Facturation de la note de calcul : nom  
adresse :
- Pièces jointes (éventuellement) :

Fait à le 19 répétée pour lisibilité :  
(signature du demandeur)

CADRE RESERVE AU S.E.T.R.A.

Bon de commande au Centre d'Exploitation des Programmes

n° de commande :

Niveau de facturation :

Remarques :

Bon pour exécution du calcul  
dessin

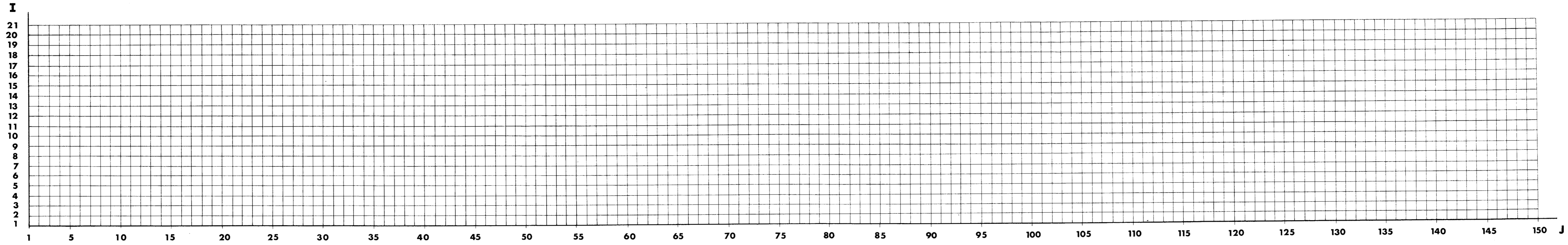
Bagneux, le

19

L'Ingénieur Gestionnaire

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU MODÈLE

BORDEREAU N°0 BA



# INTITULÉ DE L'OUVRAGE

BORDEREAU N°1 BA



CARTE N° 1

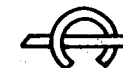
1	10	16	20	30	40	50	60	70	72
MRB	-BA	NO	A						
RÉSERVÉ AU SETRA			A REMPLIR PAR LE DEMANDEUR						

CARTE N° 2

1	10	20	30	40	48
A REMPLIR PAR LE DEMANDEUR					

# DÉFINITION DE LA BANDE

BORDEREAU N°2 BA



## DÉFINITION DES TABLES DE RÉFÉRENCE

CARTE N° 3

1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18
0					3	6					
MMAX		LTAB	NFICH	COURBE		IPUNCH	TSOM				
RÉSERVÉ AU SÉTRA											

## CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DE LA BANDE

CARTE N° 4

1	4	5	9	10	14	15	19
m			m	m			m
H DALLE		EDALLE		E SURCH		RC	

## CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DE LA BANDE

CARTE N° 5

1	3	4	13	14	17
,		$tm^2/m$		,	
0		0	+ 0		
POISSON	RIGIDITÉ				PONDER

# IMPLANTATION DES APPUIS

BORDEREAU N°3 BA



CARTE N°

1	3	4	6	8	10	12	14	16	17
0		0						0	
NAPTO		NAPLA		N1	N2	N3	N4	NATURE	MAT

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB
1				2				3				4				5				6			

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB



# ÉLASTICITÉ DES APPUIS

BORDEREAU N°4

Ne joindre ce bordereau que si NATURE (bordereau n°3\_Carte n°6)=1ou3



CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
1			2			3			4			5			6			7			8		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
9			10			11			12			13			14			15			16		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
17			18			19			20			21			22			23			24		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
25			26			27			28			29			30			31			32		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
33			34			35			36			37			38			39			40		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
41			42			43			44			45			46			47			48		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
49			50			51			52			53			54			55			56		

CARTE N°

9			18			27			36		
m/t			m/t			m/t			m/t		
0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0	0 <sub>1</sub>		-0
57			58			59			60		

# UTILISATION DES MATRICES D'ELASTICITE DES APPUIS



Ne joindre ce bordereau que si MAT = 1 et si NATURE = 1 ou 3 (bordereau n° 3, carte n° 6)

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	
NBMAT	OM(1)	OM(2)	OM(3)	OM(4)	OM(5)	OM(6)	OM(7)	OM(8)	OM(9)	OM(10)	OM(11)	OM(12)	OM(13)	OM(14)	OM(15)	OM(16)	OM(17)	OM(18)	OM(19)	OM(20)	OM(21)	OM(22)	OM(23)	OM(24)	OM(25)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	
OM(26)	OM(27)	OM(28)	OM(29)	OM(30)	OM(31)	OM(32)	OM(33)	OM(34)	OM(35)	OM(36)	OM(37)	OM(38)	OM(39)	OM(40)	OM(41)	OM(42)	OM(43)	OM(44)	OM(45)	OM(46)	OM(47)	OM(48)	OM(49)	OM(50)	OM(51)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	
OM(52)	OM(53)	OM(54)	OM(55)	OM(56)	OM(57)	OM(58)	OM(59)	OM(60)	OM(61)	OM(62)	OM(63)	OM(64)	OM(65)	OM(66)	OM(67)	OM(68)	OM(69)	OM(70)	OM(71)	OM(72)	OM(73)	OM(74)	OM(75)	OM(76)	OM(77)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	
OM(78)	OM(79)	OM(80)	OM(81)	OM(82)	OM(83)	OM(84)	OM(85)	OM(86)	OM(87)	OM(88)	OM(89)	OM(90)	OM(91)	OM(92)	OM(93)	OM(94)	OM(95)	OM(96)	OM(97)	OM(98)	OM(99)	OM(100)	OM(101)	OM(102)	OM(103)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	
OM(104)	OM(105)	OM(106)	OM(107)	OM(108)	OM(109)	OM(110)	OM(111)	OM(112)	OM(113)	OM(114)	OM(115)	OM(116)	OM(117)	OM(118)	OM(119)	OM(120)	OM(121)	OM(122)	OM(123)	OM(124)	OM(125)	OM(126)	OM(127)	OM(128)	OM(129)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	
OM(130)	OM(131)	OM(132)	OM(133)	OM(134)	OM(135)	OM(136)	OM(137)	OM(138)	OM(139)	OM(140)	OM(141)	OM(142)	OM(143)	OM(144)	OM(145)	OM(146)	OM(147)	OM(148)	OM(149)	OM(150)	OM(151)	OM(152)	OM(153)	OM(154)	OM(155)		





# UTILISATION DES MATRICES D'ELASTICITE DES APPUIS



Ne joindre ce bordereau que si MAT = 1 et si NATURE = 1 ou 3 (bordereau n°3, carte n°6)

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NBGA	NM(1)	NM(2)	NM(3)	NM(4)	NM(5)	NM(6)	NM(7)	NM(8)	NM(9)	NM(10)	NM(11)	NM(12)	NM(13)	NM(14)	NM(15)	NM(16)	NM(17)	NM(18)	NM(19)	NM(20)	NM(21)	NM(22)	NM(23)	NM(24)	NM(25)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(26)	NM(27)	NM(28)	NM(29)	NM(30)	NM(31)	NM(32)	NM(33)	NM(34)	NM(35)	NM(36)	NM(37)	NM(38)	NM(39)	NM(40)	NM(41)	NM(42)	NM(43)	NM(44)	NM(45)	NM(46)	NM(47)	NM(48)	NM(49)	NM(50)	NM(51)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(52)	NM(53)	NM(54)	NM(55)	NM(56)	NM(57)	NM(58)	NM(59)	NM(60)	NM(61)	NM(62)	NM(63)	NM(64)	NM(65)	NM(66)	NM(67)	NM(68)	NM(69)	NM(70)	NM(71)	NM(72)	NM(73)	NM(74)	NM(75)	NM(76)	NM(77)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(78)	NM(79)	NM(80)	NM(81)	NM(82)	NM(83)	NM(84)	NM(85)	NM(86)	NM(87)	NM(88)	NM(89)	NM(90)	NM(91)	NM(92)	NM(93)	NM(94)	NM(95)	NM(96)	NM(97)	NM(98)	NM(99)	NM(100)	NM(101)	NM(102)	NM(103)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(104)	NM(105)	NM(106)	NM(107)	NM(108)	NM(109)	NM(110)	NM(111)	NM(112)	NM(113)	NM(114)	NM(115)	NM(116)	NM(117)	NM(118)	NM(119)	NM(120)	NM(121)	NM(122)	NM(123)	NM(124)	NM(125)	NM(126)	NM(127)	NM(128)	NM(129)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(130)	NM(131)	NM(132)	NM(133)	NM(134)	NM(135)	NM(136)	NM(137)	NM(138)	NM(139)	NM(140)	NM(141)	NM(142)	NM(143)	NM(144)	NM(145)	NM(146)	NM(147)	NM(148)	NM(149)	NM(150)	NM(151)	NM(152)	NM(153)	NM(154)	NM(155)		



# DÉNIVELÉE DES APPUIS

BORDEREAU N°6

Ne joindre ce bordereau que si NATURE (bordereau n°3\_carte n°6)=2 ou 3



CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
1	2	3	4	5	6	7	8

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
9	10	11	12	13	14	15	16

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
17	18	19	20	21	22	23	24

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
25	26	27	28	29	30	31	32

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
33	34	35	36	37	38	39	40

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
41	42	43	44	45	46	47	48

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0
49	50	51	52	53	54	55	56

CARTE N°

9	18	27	36
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-0	-0	-0	-0
57	58	59	60

# DÉFINITION DES ÉTUDES

BORDEREAU N°7 BA



3			6			9			12			15			18			23			25		27		30			33			36			40						
						0	0		0	0		0	0	1	0					9°				0	1	0	1	0	0				0	0						
J MIN		J MAX		REAPPUI		INFLU				LMAX		TETA							FLEXPOINT			DIRPAL			DEFORM			R	I	D	F									
ZONE D'ÉTUDE				SURFACES D'INFLUENCE												ÉTATS DE DÉFORMATION												DESSIN												

ARTE N°

# IMPLANTATION DES POINTS A ETUDIER

BORDEREAU N°8 BA

Ne joindre ce bordereau que si INFLU ou FLEXPPOINT (bordereau n° 7) ≠ 0



CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
1				2				3				4				5				6				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
7				8				9				10				11				12				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
13				14				15				16				17				18				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
19				20				21				22				23				24				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
25				26				27				28				29				30				

# DIRECTION D'ÉTUDE DES SURFACES D'INFLUENCE

BORDEREAU N° 9 BA

Ne joindre ce bordereau que si INFLU  $\neq$  0 et TETA = 0 (bordereau n°7)



CARTE N°

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
TETA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

CARTE N°

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
TETA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

CARTE N°

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
TETA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30





# CHARGES

BORDEREAU N°11 BA



CARTE N°

3			6			9			12			15			18			21			24			27			30 31				
0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CALCUL						CALCUL						CALCUL						CALCUL									FERRA		CLASSE		
C P			A			B C			R E C						FERRA		CLASSE														

# FERRAILLAGE PASSIF HORIZONTAL

BORDEREAU N°12 BA

Ne joindre ce bordereau que si FLEXPPOINT (bordereau n°7) = 0  
et FERRA (bordereau n°11) = 1



CARTE N°

1	2	3	8	12	13	18	19	24	25	30	31	36	37	42	43	48	49	54	55	60	64	
				0			9r		9r		9r		9r		9r		9r					9r
FER	NSYSU	DES	la	Ø	R	TETA 1	R	TETA 2	R	TETA 1	R	TETA 2	R	TETA 1	R	TETA 2	R	TETA 1	R	TETA 2		
						SYSTEME I				SYSTEME II				SYSTEME III				SYSTEME IV				28

# ACTIONS DE LA CHARGE PERMANENTE

BORDEREAU N° 13 BA

Ne joindre ce bordereau que si CP\_CALCUL (bordereau n°11) = 1 ou 2



## NOMBRE DE RECTANGLES

CARTE N°

	4
t/m <sup>2</sup>	
CP	NR

## DÉFINITION DES RECTANGLES

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE
1				2				3				4							

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

CARTE N°

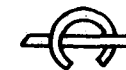
2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

Si le nombre de rectangles n'est pas suffisant, utiliser le bordereau 18.

# CHARGE A (l)

BORDEREAU N°14 BA

Ne joindre ce bordereau que si A\_CALCUL (bordereau n°11)  $\neq 0$   
 et NAPLA (bordereau n°3 carte n°7)  $\neq 0$



CARTE N°

6		12				18				24				30				36				42				48			
m		m		m		m		m		m		m		m		m		m		m		m		m					
G		D		G		D		G		D		G		D		G		D		G		D		G					
LARGEUR N°1				LARGEUR N°2				LARGEUR N°3				LARGEUR N°4																	

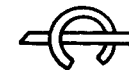
CARTE N°

2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	2	3	4	5	1+2	2+3	3+4	4+5

# CHARGE Bc

BORDEREAU N°15 BA

Ne joindre ce bordereau que si BC\_CALCUL (bordereau n°11) ≠ 0



## DEFINITION DES CONVOIS

CARTE N°

3	6	9	13	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	40		
				0												
LARG	LONG 1	LONG 2	POIDS	KB	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS
DIMENSIONS D'UN CAMION					1	2		3		4		5				

## DEFINITION DES CAMIONS PAR CAS DE CHARGE

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
1				2				3				4				5				6				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

**DÉFINITION DES CAMIONS PAR CAS DE CHARGE (SUITE)**



CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

# CHARGES RECTANGULAIRES

BORDEREAU N°16 BA

Ne joindre ce bordereau que si REC-CALCUL (bordereau n°11) ≠ 0



## NOMBRE DE CAS DE CHARGES

CARTE N°

			3
0			
KR			

# CAS DE CHARGES RECTANGULAIRES N°

BORDEREAU N°17 BA

Ne joindre ce bordereau que si REC\_CALCUL ( bordereau n°11 ) ≠ 0



## DEFINITION DE LA SOLLICITATION

CARTE N°

3			6		
0	0	1			
NAT			NR		

## DEFINITION DES RECTANGLES

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	
1					2					3					4					

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

Si le nombre de rectangles n'est pas suffisant, utiliser le bordereau 18.



# DÉFINITION DES RECTANGLES

Ce bordereau doit être reproduit autant de fois qu'il est nécessaire



CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

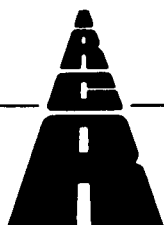
CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	





**MINISTERE DES TRANSPORTS**

DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIERE

CALCUL ÉLECTRONIQUE DES STRUCTURES

**MRB.BP 78**

**1.4**


**Commentaire des données MRB.BA**

MAI 1978

Document réalisé et diffusé par la Division des Ouvrages d'Art du  
46, av. Aristide Briand - 92223 BAGNEUX - Tél. 664.14.77

**SETRA**

## AVANT-PROPOS

Le sigle  figurant sur les bordereaux de données permet de les distinguer des bordereaux de données du programme MRB-BA 70 (cf. dossier MRB-BP 70 - pièce 1.3) ; ce sigle indique en particulier que le domaine d'application du programme MRB-BA a été étendu dans sa version 1978 aux ponts-dalles à bords circulaires et concentriques.

x

x x

Le programme MRB-BA s'applique à une structure :

- homogène, isotrope et d'inertie constante (en pratique une dalle pleine d'épaisseur constante) ;
- aux bords libres rectilignes et parallèles ou circulaires et concentriques ;
- aux conditions d'appui exceptionnelles, par le biais des lignes d'appuis et par l'implantation quelconque des appareils d'appui ;
- armée haut et bas par deux nappes d'armatures passives de directions quelconques.

Le programme MRB-BA est utilisé, principalement, pour déterminer les armatures de flexion des tabliers de ponts-dalles en béton armé ou celles de la traverse supérieure des portiques ouverts de biais prononcé qu'ils soient simples (cf. dossier pilote PI-PO 74 - sous dossier 1.5) ou doubles (cf. dossier-pilote POD.76).

Seuls les ponts-dalles en béton armé dont le biais mécanique\* de la travée la plus courte est inférieur à 80 grades, doivent faire l'objet d'un calcul par le programme MRB-BA. Cependant, pour des ouvrages droits ou peu biais mais de largeur importante et aux conditions d'appuis particulières, il est souvent intéressant d'utiliser le programme MRB-BA pour connaître uniquement les réactions d'appui par appareil d'appui, possibilité rarement offerte par la plupart des calculs automatiques existants actuellement ; ceci s'appliquant à des ouvrages en béton armé ou en béton précontraint.

---

\* Le biais mécanique est défini au § 4.3 de la pièce 0 en fonction de la forme de la dalle par la formule suivante :

$$\psi = \Psi + (100 - \Psi)(1 - 0,5 \eta)^2 \quad \text{si } \eta < 2$$

$$\psi = \Psi \quad \text{si } \eta \geq 2$$

$\Psi$  : biais géométrique en grades,

$\psi$  : biais mécanique en grades, compté à partir de la perpendiculaire au bord libre,

$\eta$  : rapport largeur / portée.

L'épaisseur de la dalle et les directions de ferrailage sont définies par l'utilisateur.

Pour un pont-dalle en béton armé à une travée, l'épaisseur du tablier peut être déterminée à l'aide de l'abaque joint en annexe. Pour un ouvrage à travées solidaires, on peut utiliser cet abaque pour avoir l'épaisseur correspondant à la travée la plus longue. Cette épaisseur peut être considérée comme l'épaisseur de l'ouvrage.

Pour un portique ouvert de biais prononcé, l'épaisseur de la traverse supérieure est donnée par le calcul automatique préalable PI-PO ou POD suivant que le portique est simple ou double.

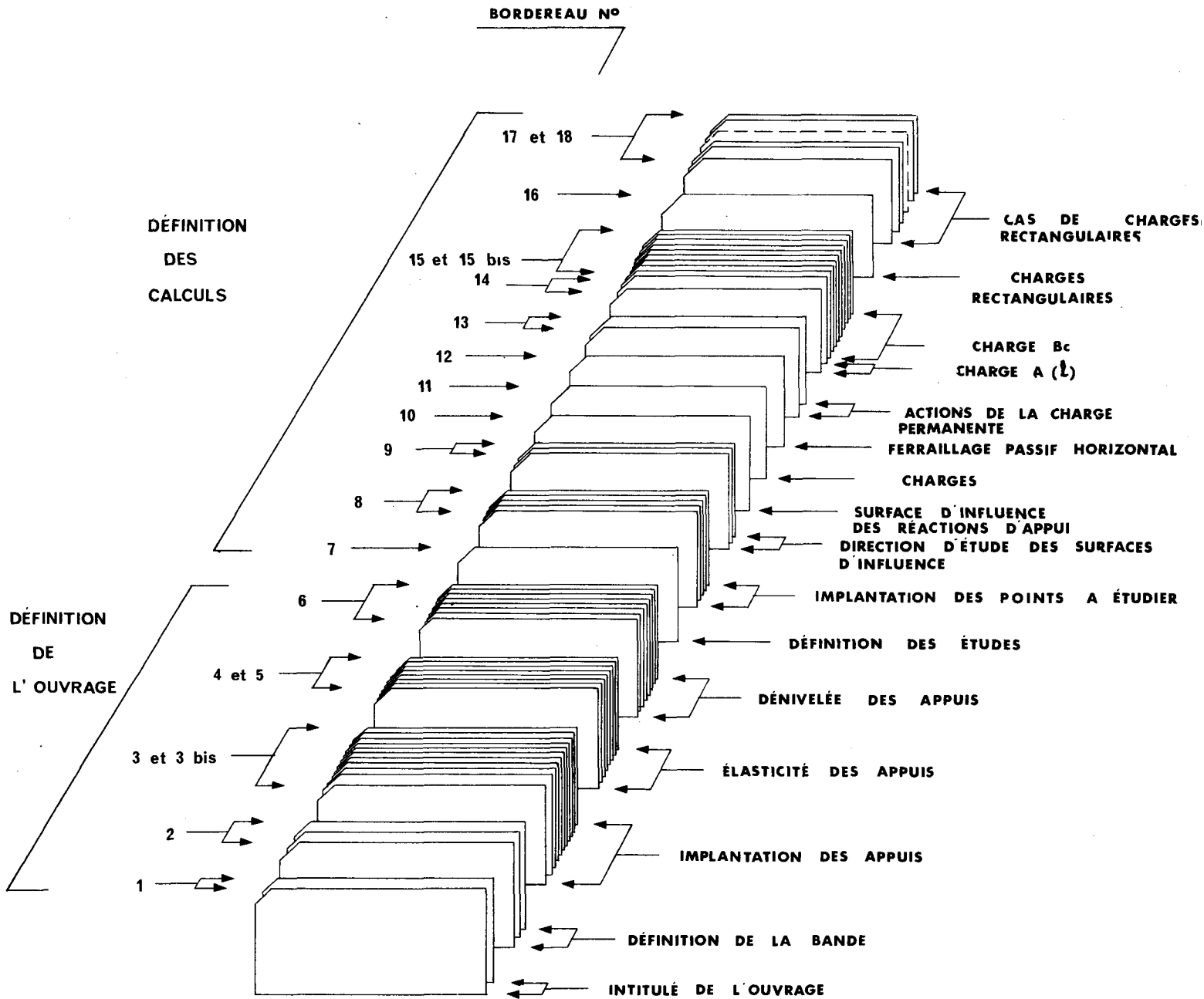
Le programme MRB-BA fournit pour chaque chargement statique défini par l'utilisateur :

- Les réactions d'appui par appareil d'appui en tonnes et pour tous les points d'une zone d'étude donnée :
  - . Le déplacement vertical en mm compté positivement vers le bas, à partir de la position initiale de la dalle,
  - . L'état d'efforts tranchants en t / m et leurs directions principales,
  - . Les éléments de réduction (moments principaux et direction) et les composantes du tenseur des moments en tm / m,
  - . L'enveloppe des sections d'armatures de flexion en cm<sup>2</sup> / m.

Le programme peut aussi fournir les surfaces d'influence des réactions d'appui, du déplacement vertical et des composantes du tenseur des moments, ainsi que le dessin automatique :

- Des surfaces d'influence et du déplacement vertical sous forme de courbes de niveau,
- Des états de flexion sous forme de vecteurs représentatifs des moments principaux,
- Du ferrailage enveloppe sous forme de courbes d'isoquantité.

# ORDRE DES DONNÉES



PREPARATION DES DONNEES

Les données sont fournies dans l'ordre figuré au schéma ci-contre. Elles se divisent en deux groupes principaux :

- les données définissant l'ouvrage (intitulé, définition de la bande, implantation et caractéristiques des appareils d'appui)
- les données définissant la consistance des études (points à étudier, efforts calculés, charges appliquées, ferrailage).

Ces données sont regroupées par des bordereaux numérotés de 1 à 16.

UNITES

le mètre, la tonne et le grade centésimal.

Si la maille est employée comme unité de longueur, le commentaire relatif à la donnée intéressée l'indique.

CONVENTIONS

Pour les nombres décimaux, la position de la virgule est représentée par un trait plus court et plus épais surmonté de l'unité employée ou d'une virgule "," pour un nombre sans dimension.

Exemple :

1				4
m				
0	7	0	0	
HDALLE				

signifie HDALLE = 0,70 m

Pour les nombres entiers tels que MMAX, NAPPUI etc ... la colonne de droite est réservée aux unités.

Pour les nombres relatifs, seul le signe - est à indiquer.

Une charge appliquée de bas en haut est affectée du signe -

Les angles sont repérés par rapport à la perpendiculaire aux bords libres et comptés positivement dans le sens trigonométrique; leur valeur toujours positive doit être comprise entre 0 et 200 grades.

Les appellations de colonne de noeuds et de ligne de noeuds sont liées à la présentation des résultats sur la note de calcul électronique dans laquelle les colonnes et les lignes correspondent respectivement aux "I" et aux "J" de la représentation graphique du modèle. De même, la qualification de droite ou de gauche est en rapport avec la note de calcul électronique.

## 0 - BORDEREAU N° 0 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU MODELE

Ce bordereau ne peut être utilisé que pour les ouvrages à bords libres parallèles et rectilignes. Dans le cas d'un ouvrage à bords libres circulaires et concentriques le maillage est constitué de la manière suivante :

- les "I" sont des arcs de cercles concentriques au cercle définissant l'axe longitudinal de l'ouvrage, I = 1 correspondant au bord intérieur de l'ouvrage;
- les "J" sont des segments de droites radiales espacés d'une maille sur l'axe longitudinal de l'ouvrage.

L'utilisateur peut demander au gestionnaire du programme le dessin automatique de ce maillage sur calque, en précisant les données suivantes :

- le nombre de mailles, compté suivant une radiale;
- la largeur droite;
- le rayon du cercle définissant l'axe longitudinal;
- l'angle d'ouverture des deux radiales encadrant l'ouvrage;
- l'échelle du dessin.

Avant de remplir les bordereaux de données numériques N° 1, 2, ..., l'utilisateur doit s'attacher à dessiner le modèle de l'ouvrage sur le maillage; au cours de ce travail, il est amené à simplifier, voire modifier certains éléments de la structure qu'il envisage de faire étudier, pour tenir compte des contraintes du programme.

Ainsi cette opération est fondamentale parce qu'elle facilite le remplissage des données et leur contrôle par le gestionnaire du programme.

L'utilisateur doit obligatoirement indiquer :

- d'un trait renforcé les bords libres du modèle,
- d'un cercle d'emplacement des appareils d'appui sans oublier de mentionner leur numéro d'ordre,

Sur des tirages de ce dessin du modèle, l'utilisateur peut, s'il y a lieu :

- tracer les limites d'application des charges A (l) envisagées,
- implanter les camions de la charge Bc,
- représenter les rectangles des différents cas de charges rectangulaires.



1 - BORDEREAU N° 1 - INTITULE DE L'OUVRAGE

La première carte permet en particulier d'identifier le travail :

- les colonnes 1 à 16 sont réservées au S.E.T.R.A. pour identifier par la suite le calcul,
- les colonnes 17 à 72 sont remplies par l'utilisateur,

La deuxième carte peut être aussi remplie par l'utilisateur.

Ce dernier dispose donc de 104 colonnes pour intitulé son ouvrage;

Exemple : numéro de l'autoroute, département, commune, numéro de l'ouvrage, numéro du projet, etc...

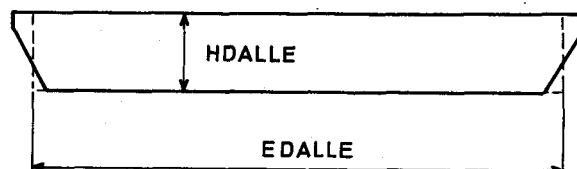
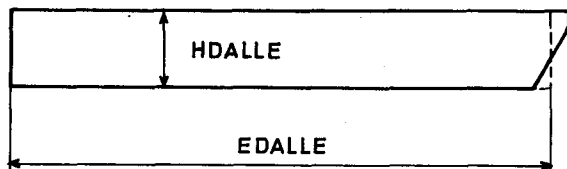
Les caractères dont dispose l'utilisateur sont :

- les chiffres,
- les lettres de l'alphabet,
- les autres caractères suivants / - + \* . , ( ) ' =

L'utilisateur notera que l'ensemble des deux cartes, qui totalisent 120 positions de caractères, correspond à l'impression d'une ligne; il est souhaitable, pour une bonne présentation, que celui-ci dispose l'intitulé de son ouvrage en conséquence.

BORDEREAU N°2 (Illustration)

## Dalle sans encorbellement

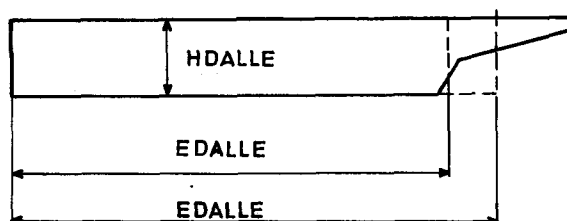


CAS D'UN P.I.

CAS D'UN P.S.

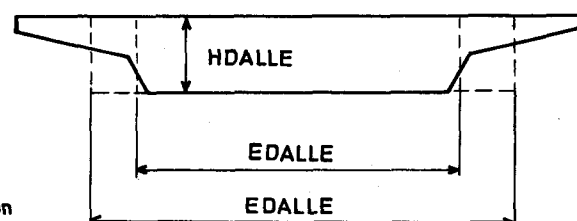
Si la dalle est sans encorbellement, EDALLE est la largeur de la dalle équivalente\* à la dalle réelle dans sa totalité.

## Dalle avec encorbellement



1ère solution

2ème solution



CAS D'UN P.I.

CAS D'UN P.S.

Si la dalle est avec encorbellement, EDALLE est la largeur de la dalle équivalente,\* soit à la dalle réelle dans sa totalité (2ème solution), soit à la nervure uniquement (1ère solution).

Si la dalle est à larges encorbellements (largeur chargeable > largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle élargie de 5 % de part et d'autre), l'utilisateur doit obligatoirement opter pour la 1ère solution; en effet dans le cas de la 2ème solution, les sections d'armatures transversales supérieures de la nervure fournies par le calcul MRB sont sous estimées car le programme ne tient pas compte de l'effet des encorbellements.

Dans tous les cas, l'utilisateur doit dimensionner les armatures passives des encorbellements, en utilisant par exemple la pièce 1.5 du dossier-pilote PSI-DP 78 ou le bulletin technique N° 1 "Calcul des hourdis de pont" et la note d'information sur les ponts-dalles en béton armé avec encorbellements latéraux en date du 20/10/76.

\* La dalle équivalente est la dalle rectangulaire de même épaisseur que la dalle réelle et de largeur telle que son inertie de flexion soit la même que celle de la dalle réelle.

## 2 - BORDEREAU N° 2 - DEFINITION DE LA BANDE

### 2.1 - CARTE N° 3 - DEFINITION DES TABLES DE REFERENCE

MMAX = Nombre de mailles par ligne. On doit avoir  $6 \leq M_{MAX} \leq 20$ .

Il est utile de limiter autant que possible la valeur de MMAX, car il y va du coût de la note de calcul (cf. pièce 0, chapitre 10 et commentaire du bordereau n°7, page 21 de cette pièce). Un compromis doit être recherché entre le coût, la précision de calcul (on peut aller jusqu'à 2 m pour la dimension de la maille sans porter trop de préjudice à la précision des calculs pour les ouvrages de largeur droite supérieure à 20 m) et la possibilité de positionner les points d'appuis (voir annexe "biais normalisés" jointe à la fin de la pièce 0).

### 2.2 - CARTE N° 4 - CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA BANDE

HDALLE = Epaisseur moyenne totale de la dalle, cette donnée sert en particulier au calcul des corrections au droit des appareils d'appui, d'où la nécessité de ne pas la surestimer.

EDALLE = Distance droite entre bords libres de la dalle.

Dans le cas d'une dalle équivalente à la nervure uniquement, l'influence de la charge permanente de l'encorbellement (poids propre + superstructures) est simulée par un couple et un effort tranchant appliqués sur les bords de la dalle MRB et introduits à l'aide du bordereau n° 13 définissant les actions de la charge permanente.

Dans tous les cas, si les limites d'application de Bc sont en dehors de la dalle équivalente, l'utilisateur ne peut générer cette charge que par des chargements rectangulaires ; l'effet de la charge placée en dehors de la dalle équivalente est simulé par un couple et un effort tranchant appliqués sur les bords libres de la dalle MRB ; par contre, on peut utiliser le calcul automatique de A( $\ell$ ) (cf. bordereau n° 14), en donnant à G ou D le signe - dans le cas où la largeur chargée dépasse la largeur équivalente.

ESURCH = Largeur chargeable (cf. CPC fascicule 61, titre II, 1971)

RC = Dans le cas d'une dalle à bords libres circulaires, rayon du cercle définissant l'axe longitudinal de la dalle.

Dans le cas d'une dalle à bords libres rectilignes, ne rien remplir.

### 2.3 - CARTE N° 5 - CARACTERISTIQUES MECANQUES DE LA BANDE

POISSON = Coefficient de Poisson du matériau

Si la dalle est précontrainte dans une direction au moins, indiquer : 0,20.

Si la dalle est en béton armé, indiquer : 0,15.

RIGIDITE = Valeur de  $E_v I / (1 - \nu^2)$  avec :

$E_v$  le module de déformation différée du béton

$\nu$  le coefficient de Poisson du matériau

I l'inertie de la dalle au mètre linéaire =  $\frac{H_{DALLE}^3}{12}$

Cette valeur est écrite en virgule flottante

Exemple :

4							13
tm <sup>2</sup> /m							
0	4	4	6	0	0	0	0 5
RIGIDITE							

signifie 44600 tm<sup>2</sup>/m  
(0,446000 x 10<sup>5</sup>)

PONDER = Coefficient de pondération commun à toutes les charges d'exploitation :

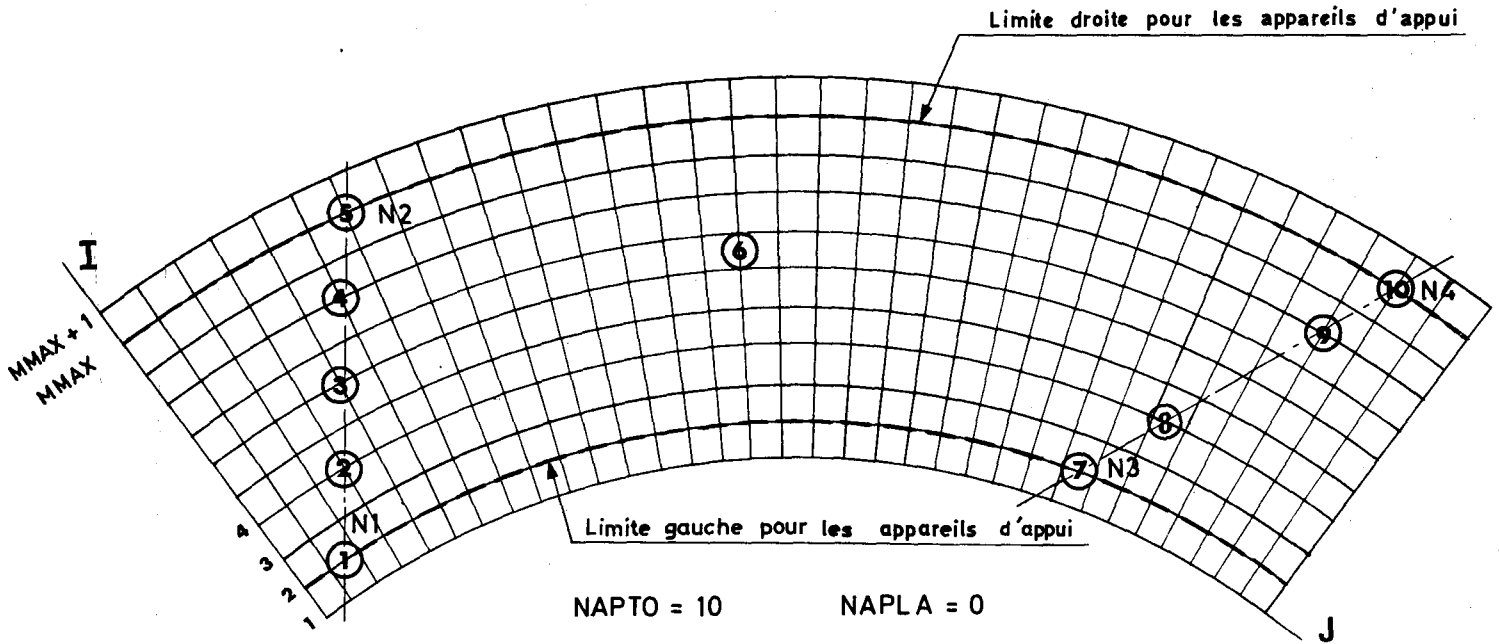
- Si la dalle est en béton armé, indiquer : 1.200 pour correspondre à la sollicitation pondérée du premier genre prévu à l'article 7 CPC fascicule 61, titre VI, 1970.
- Si la dalle est en béton précontraint, indiquer 1,1 dans le cas de l'instruction provisoire n° 1 (IP 1\*); dans le cas de l'instruction provisoire n° 2 (IP 2\*\*) relative à l'emploi du béton précontraint, indiquer 1,2.

\* Nous désignons par le sigle IP 1, l'instruction provisoire relative à l'emploi du béton précontraint définie par la circulaire n° 44 du 12 Août 1965.

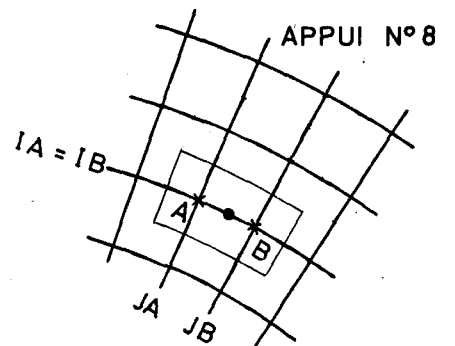
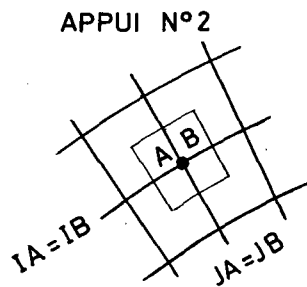
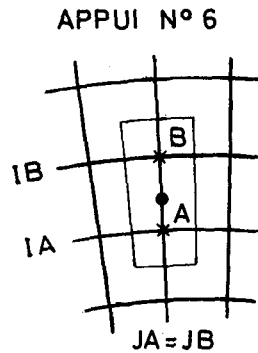
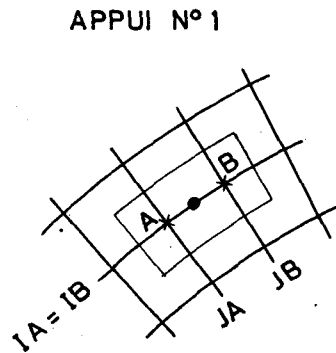
\*\* Nous désignons par le sigle IP 2, l'instruction provisoire relative à l'emploi du béton précontraint définie par la circulaire n° 73-153 du 13 Août 1973.

BORDEREAU N°3\_ (Illustration)

Pont courbe à deux travées avec mono-appui



Les appareils d'appui n° 1,6,7 et 8 sont représentés par des rectangles



Il est important de signaler à l'utilisateur que les points d'appuis d'une même ligne d'appuis doivent être parfaitement alignés (pour ce faire se reporter à l'annexe des "biais normalisés" jointe à la fin de la pièce 0), sinon le calcul des réactions d'appui sera faussé par les effets d'encastrements parasites au niveau des lignes d'appui.

### 3 - BORDEREAU N° 3 - IMPLANTATION DES APPUIS

#### 3.1 - CARTE N° 6

- NAPTO = Nombre total d'appareils d'appui.  $NAPTO \leq 60$ .
- NAPLA = Nombre d'appareils d'appui par ligne d'appuis, commun à toutes les lignes d'appuis ; si ce nombre n'est pas commun, indiquer : 0
- N1,N2,N3,N4 = Numéros des appareils d'appui extrêmes définissant les limites de la dalle ; on doit avoir  $N2 \geq N1$  et  $N4 \geq N3$ .
- NATURE = Caractéristiques mécaniques des appareils d'appui,  
 0 : appuis rigides,  
 1 : appuis élastiques, joindre le bordereau n° 4  
 2 : appuis dénivelés, joindre le bordereau n° 6  
 3 : appuis élastiques et dénivelés, joindre le bordereau n° 4 et 6
- MAT 1 : les déplacements verticaux des appuis élastiques (NATURE = 1) et éventuellement dénivelés (NATURE = 3) sont liés par des matrices d'élasticité. Joindre le bordereau n° 5.

#### 3.2 - CARTES N° 7, N°..... - NUMEROS DES COLONNES ET DES LIGNES REPERANT LES APPAREILS D'APPUI

Pour ces données, l'unité employée est la maille ; I = 1 coïncide avec le bord gauche de la dalle.

Un appareil d'appui n'est pas placé obligatoirement au droit d'un noeud ; il peut être situé sur une ligne (ou une colonne) à mi-distance de deux noeuds ou au centre d'une maille ; dans ce cas, on le représente par un rectangle d'appui.

Le bordereau n° 3 bis n'est à utiliser que si  $NAPTO \geq 25$ .

IA (L), IB(L) = Numéros des colonnes de noeuds qui limitent le rectangle d'appui n° L ; on doit avoir  $IB(L) = IA(L)$  ou  $IA(L) + 1$

JA(L), JB(L) = Numéros des lignes de noeuds qui limitent le rectangle d'appui n° L ; on doit avoir  $JB(L) = JA(L)$  ou  $JA(L) + 1$

Un appareil d'appui doit être obligatoirement à l'intérieur de la bande soit :

$$2 \leq \frac{IA}{IB} \leq MMAX$$

Les appareils d'appui sont numérotés ligne d'appui par ligne d'appuis de sorte que :

- les lignes d'appuis soient toujours décrites dans le même sens (I croissants ou I décroissants)

- l'inégalité suivante soit vérifiée

$$JB(N4) \geq JB(N3)$$

#### 4 - BORDEREAU N° 4 - ELASTICITE DES APPUIS

Ce bordereau n'est joint que si la valeur portée dans la case NATURE (bordereau n° 3 - carte n° 6) est égale à 1 ou 3.

Le numéro inscrit en bas de chaque case représente le numéro d'ordre de l'appui correspondant à celui des cartes n° 7 et suivantes.

Le nombre N de cartes à utiliser et à numéroter est :

$$8(N - 1) < \text{NAPTO} \leq 8N, N \text{ étant la partie entière de } \frac{\text{NAPTO} + 7}{8}$$

Dans la case n° 1 :

- Si l'appui est élastique, l'utilisateur indique la dénivelée en mètre de cet appui sous l'influence d'une réaction d'appui de 1 tonne ; cette valeur est écrite en virgule flottante.

Exemple :

								9
m/t								
0	3	0	0	0	0	-	0	3
								1

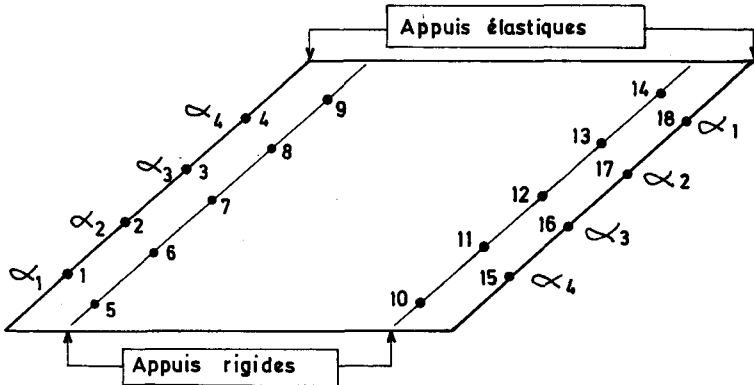
signifie 0,0003 m/t

- Si l'appui n° 1 est rigide, indiquer : 0

BORDEREAU N° 5 ( ILLUSTRATION )

EXEMPLE D'APPLICATION

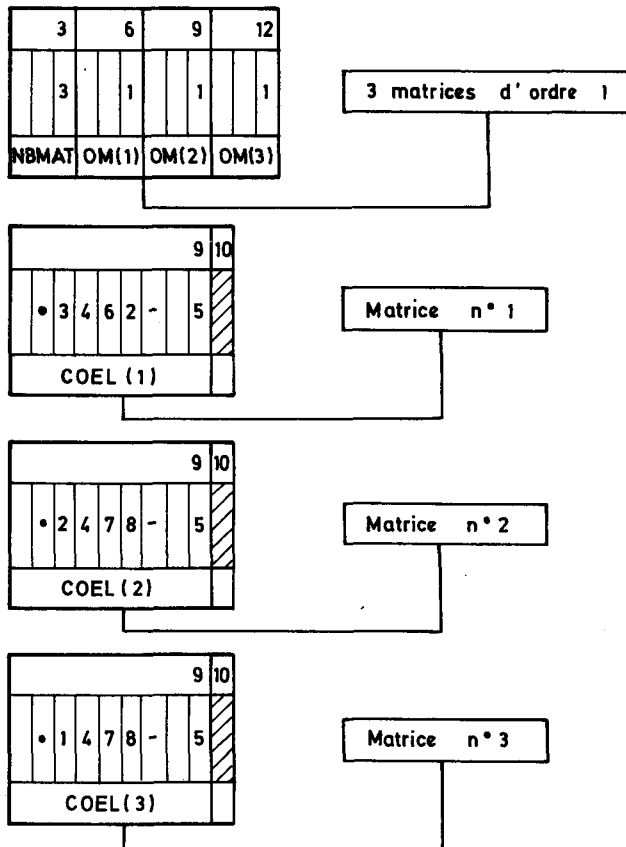
Prenons le cas d'un PIPO comportant 18 appuis avec deux lignes d'appuis élastiques et deux lignes d'appuis rigides comme indiqué par la figure suivante :



les  $\alpha$  étant les coefficients d'élasticité donnés par les formules du dossier PIPO, prenons pour fixer les idées :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,3462 \cdot 10^{-5} \\ \alpha_2 &= 0,2478 \cdot 10^{-5} \\ \alpha_3 &= \alpha_2 \\ \alpha_4 &= 0,1478 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

Voici comment on remplit les bordereaux (Ne pas oublier d'indiquer MAT = 1 et NATURE = 1 dans la carte n° 6).





5 - BORDEREAU N° 5 - UTILISATION DES MATRICES D'ELASTICITE DES APPUIS

5,1 - DEFINITION DES MATRICES D'ELASTICITE

NBMAT : nombre de matrices d'élasticité

OM (I): ordre de la matrice n° I (I = 1, NBMAT). Nous rappelons que l'ordre d'une matrice est le nombre de relations linéaires représentées par la matrice.

COEL (I) : coefficients d'élasticité de la matrice n° I (I = 1, NBMAT)

Les matrices d'élasticité sont symétriques. On ne rentre donc que les termes de la matrice triangulaire supérieure ligne par ligne dans l'ordre des colonnes. Pour chaque matrice n° I, le nombre de coefficients est égal à  $OM (I) \times (OM (I) + 1) / 2$ .

Exp : Soit 1 groupe de 4 appuis numérotés 3, 1, 8, 24 dont les déplacements verticaux sont liés par la matrice n° I donnée ci-après :

		Groupe d'appuis J				
		Appuis ↓	3	1	8	24
Groupe d'appuis J	3		$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$	$\alpha_{14}$
	1		$\alpha_{21}$	$\alpha_{22}$	$\alpha_{23}$	$\alpha_{24}$
	8		$\alpha_{31}$	$\alpha_{32}$	$\alpha_{33}$	$\alpha_{34}$
	24		$\alpha_{41}$	$\alpha_{42}$	$\alpha_{43}$	$\alpha_{44}$

On rentre les coefficients d'élasticité dans l'ordre suivant :

$\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{14}, \alpha_{22}, \alpha_{23},$

$\alpha_{24}, \alpha_{33}, \alpha_{34}, \alpha_{44}$

si  $\alpha_{11} = -0,000564 \text{ m/t}$

Convention de signes : - déplacement vers le haut  
+ déplacement vers le bas

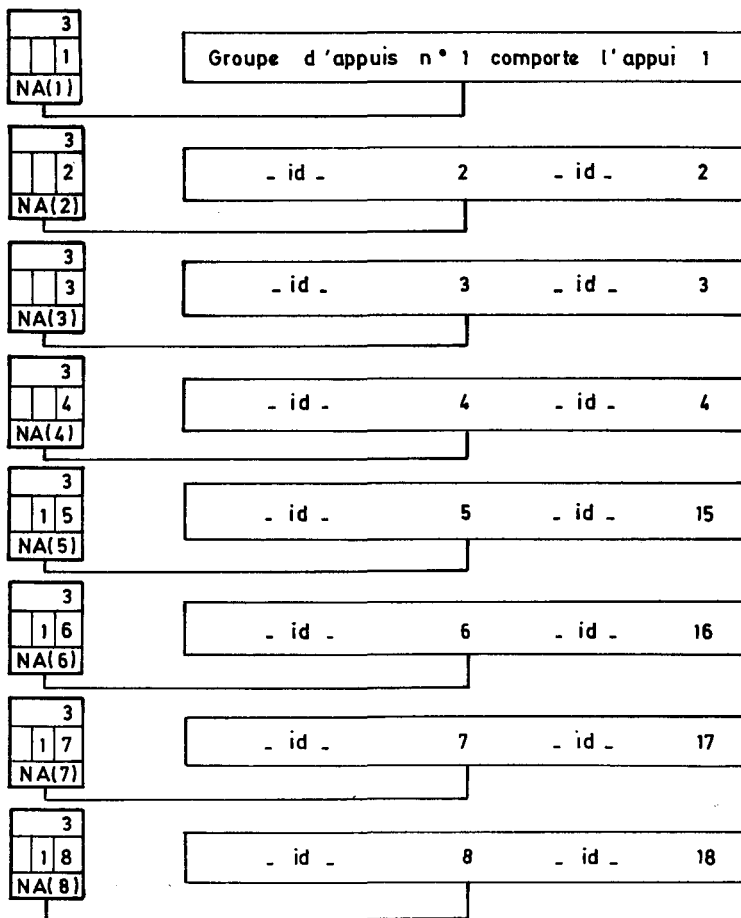
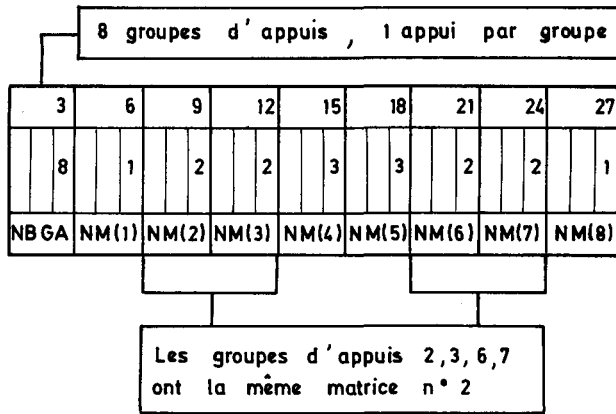
								9	10
-	5	6	4	0	-	0	3		
COEL(I)									

Observations : 1°) On utilise autant de fois qu'il est nécessaire ces cartes pour rentrer tous les coefficients d'élasticité.

2°) On va à la carte pour chaque nouvelle matrice

3°) On décrit les matrices dans l'ordre fixé par l'indice I (I varie de 1 à NBMAT) de la donnée OM (I).

BORDEREAU N° 5 suite ( ILLUSTRATION )



Nota : Dans les cas simples (PIPO sur semelle symétrique cf. dossier PIPO), le bordereau 5 s'avère plus compliqué que le bordereau 4 ; aux quels cas il est conseillé d'utiliser le bordereau 4. Le bordereau 5 est réservé aux cas complexes (PIPO sur semelle non symétrique, dalle appuyée sur des appuis dont les déplacements verticaux sont liés par des relations linéaires complexes : dalle nervurée, entretoisée, dalle appuyée sur pile-marteau, sur pile en V etc...).

## 5,2 - DEFINITION DES APPUIS

NBGA : nombre de groupe d'appuis (un groupe d'appuis est l'ensemble des appuis dont les déplacements verticaux sont liés par un système linéaire représenté par une matrice d'élasticité).

NM (J) : numéro d'ordre de la matrice d'élasticité du groupe d'appuis J (J = 1, NBGA). Ce numéro d'ordre est défini par l'indice I (I varie de 1 à NBMAT) de la donnée OM (I).

Observation : Ces cartes permettent de ne décrire qu'une seule fois la matrice d'élasticité au cas où plusieurs groupes d'appuis sont liés par la même matrice.

NA (J) : numéros des appuis appartenant au groupe d'appuis n° J (J = 1, NBGA)

Observations : 1°) L'ordre dans lequel sont donnés ces numéros doit être le même que celui utilisé dans les cartes définissant COEL (I)

Exp : Prenons l'exemple précédent :

	3		6		9		12
		3		1		8	2 4
	NA(J)		NA(J)		NA(J)		NA(J)

2°) On va à la carte pour chaque nouveau groupe d'appuis.

## 6 - BORDEREAU N° 6 - DENIVELEE DES APPUIS .

Ce bordereau n'est joint que si la valeur portée dans la case NATURE (bordereau n° 3 - carte n° 6) égale à 2 ou 3.

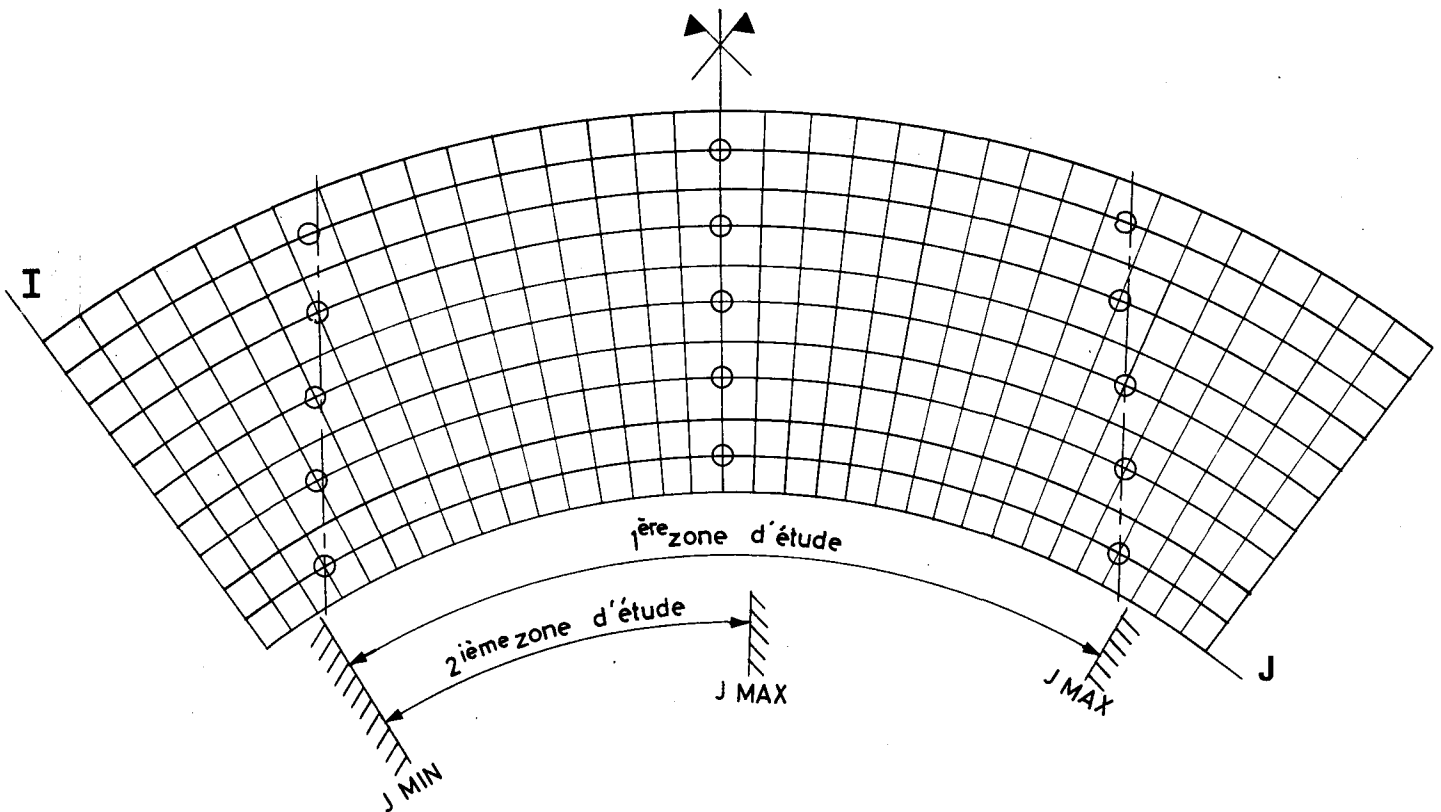
La rédaction de ce bordereau est analogue à celle du bordereau n° 4.

Le signe positif des dénivelées correspond à des dénivellations vers le bas. En conséquence, pour n'avoir que des signes positifs, on prend pour zéro la dénivellation de l'appui qui subit la dénivellation vers le haut la plus grande.

Les efforts de flexion correspondant aux dénivelées des appuis sont calculés avec le module de déformation différencié  $E_v$ , tiré de la donnée RIGIDITE =

$\frac{E_v I}{1 - \nu^2}$  (cf. bordereau n° 2, carte n° 5), par conséquent, lorsque l'on calculera

les efforts de flexion dus à des déformations imposées de courte durée (vérinage du tablier pour changer les appareils d'appui, dénivellation des appuis pour simuler l'effet du gradient thermique, etc...) il faudra multiplier les efforts de flexion donnés par MRB-BA par le rapport  $E_1/E_v$ , soit 3 dans les cas usuels.

BORDEREAU N° 7\_ (Illustration)INTERET DE LA LIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE.

Cet ouvrage ayant un axe de symétrie, l'utilisateur doit opter pour la 2<sup>ème</sup> zone d'étude. Une telle limitation de la zone d'étude réduit de façon importante le montant du prix de la note de calcul.

Il est important de signaler que les surfaces d'influence sont calculées avec le module de déformation différée  $E_v$ , déduit de la valeur de rigidité  $= \frac{E_v I}{1-\nu^2}$  introduite

dans la carte n° 5. Par conséquent si l'utilisateur souhaite utiliser les surfaces d'influence de déformations pour estimer les flèches sous charges d'exploitation, il conviendra de diviser par 3 les déformées obtenues, car les charges d'exploitation sont de courte durée et

$$E_i = 3E_v$$

## 7 - BORDEREAU N° 7 - DEFINITION DES ETUDES

### 7.1 - ZONE D'ETUDE

JMIN, JMAX = Numéros des lignes de noeuds limitant la zone pour laquelle l'utilisateur demande les résultats ; on doit avoir :  $JMAX \leq JMIN + 149$

### 7.2 - SURFACES D'INFLUENCE

REAPPUI = Calcul des surfaces d'influence des réactions d'appui,  
Indiquer : 1

En l'absence de calcul, indiquer : 0

INFLU = Calcul des surfaces d'influence :

- du déplacement vertical, indiquer : 1

- des moments, indiquer : 2

- du déplacement vertical et des moments, indiquer : 3

En l'absence de calcul, indiquer : 0

LMAX = Nombre de points où l'utilisateur demande le calcul :

- des surfaces d'influence si INFLU  $\neq$  0

- des états de déformation définis par DEFORM si FLEXPOINT = 1

Ne rien remplir si INFLU = 0 et FLEXPOINT = 0

LMAX est au maximum de 30. L'implantation de ces points se fait au bordereau n° 8.

TETA = Direction d'étude des surfaces d'influence de flexion, commune à tous les points. Par exemple, si l'utilisateur désire obtenir les surfaces d'influence des moments suivant les axes de référence (ox et oy), indiquer : 100,00 et ne pas joindre le bordereau n° 9 (cf. convention TETA (L) bordereau n° 9).

Si l'utilisateur fixe pour chaque point la direction d'étude, indiquer : 0 et remplir le bordereau n° 9.

### OBJET DES SURFACES D'INFLUENCE

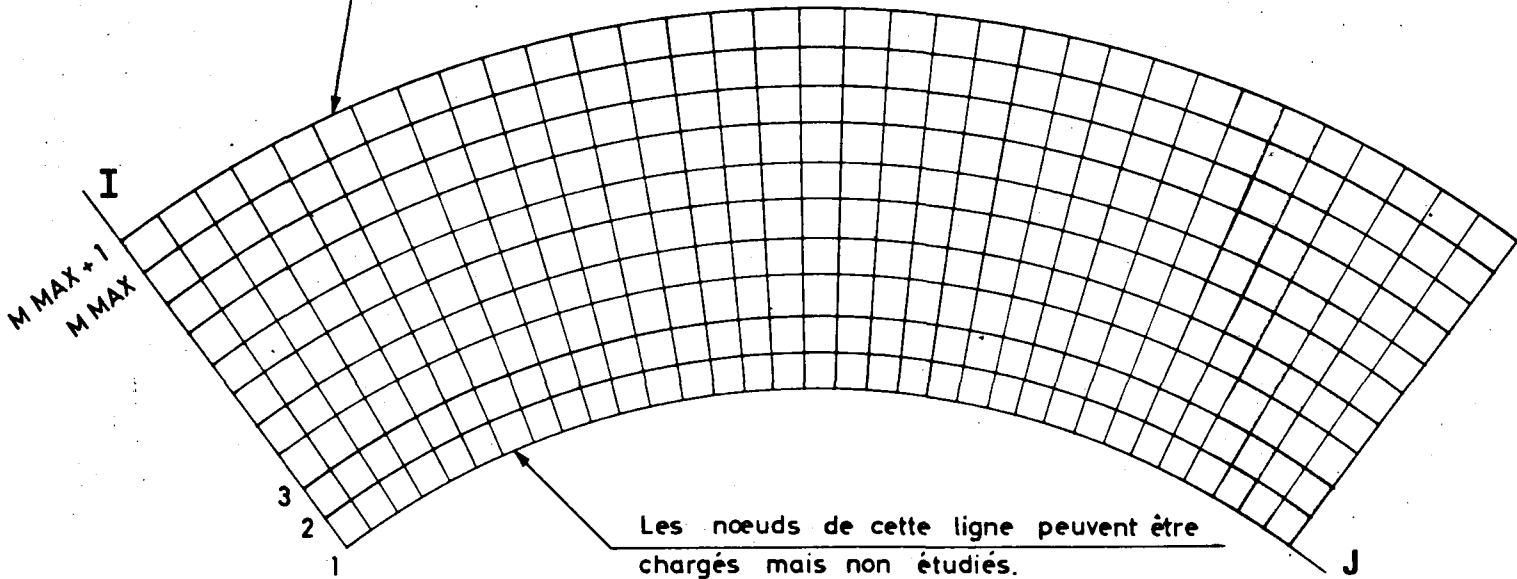
Les surfaces d'influence des points les plus sollicités d'une dalle biaise dont les positions sont indiquées dans les chapitres 1 et 2 de la pièce 0, servent essentiellement à :

- justifier à posteriori le programme de charges qu'on a choisi (MRB n'étant pas un programme optimisateur, l'utilisateur doit définir le programme de charges suivant son expérience ou les indications des chapitres 1 et 2 de la pièce 0),

- établir le programme d'épreuves et calculer les flèches aux points étudiés pour les différents chargements d'épreuve.

BORDEREAU N°7 suite ( Illustration )

Les nœuds de cette ligne peuvent être chargés  
mais non étudiés



Pour permettre à l'utilisateur de choisir les sorties imprimées à dessiner et de fixer les caractéristiques des dessins (courbes de niveau à représenter dans le cas des surfaces d'influence et du déplacement vertical, échelle des vecteurs représentatifs des moments principaux et points où l'on désire la représentation graphique, courbes d'isoquantité à représenter dans le cas du ferrailage la commande du dessin automatique est faite au gestionnaire du programme MRB après consultation des sorties imprimées; cependant pour prévoir la sauvegarde sur fichier des résultats susceptibles d'une représentation graphique, l'utilisateur doit définir dès la commande du calcul électronique la nature des sorties dessinées.

### 7.3 - ETATS DE DEFORMATION

- FLEXPOINT** = Dans la zone intérieure à la bande et délimitée par les lignes JMIN et JMAX, étude des états de déformation définis par DEFORM.
- en tous les noeuds, indiquer : 0
  - exclusivement limitée aux points définis au bordereau N° 8 (LMAX ≠ 0) indiquer : 1.
- DIRPAL** = Recherche des moments de flexion et du moment de torsion suivant les axes de référence, indiquer : 0.
- Recherche des moments principaux et de leurs directions, indiquer : 1.
- Pour l'ensemble des deux recherches, indiquer : 2.
- Si l'utilisateur désire le dessin automatique des états de flexion, on doit avoir DIRPAL ≠ 0
- DEFORM**
- = a - calcul du déplacement vertical, indiquer : 1,
  - = b - calcul des moments de flexion et de torsion suivant les axes de référence ou des moments principaux selon la valeur de DIRPAL, indiquer : 2,
  - = c - Si FLEXPOINT = 0, calcul des moments définis précédemment et des efforts tranchants principaux avec leurs directions, indiquer : 3,
  - = d - calcul de a + b, indiquer : 4,
  - = e - calcul de a + c, indiquer : 5.

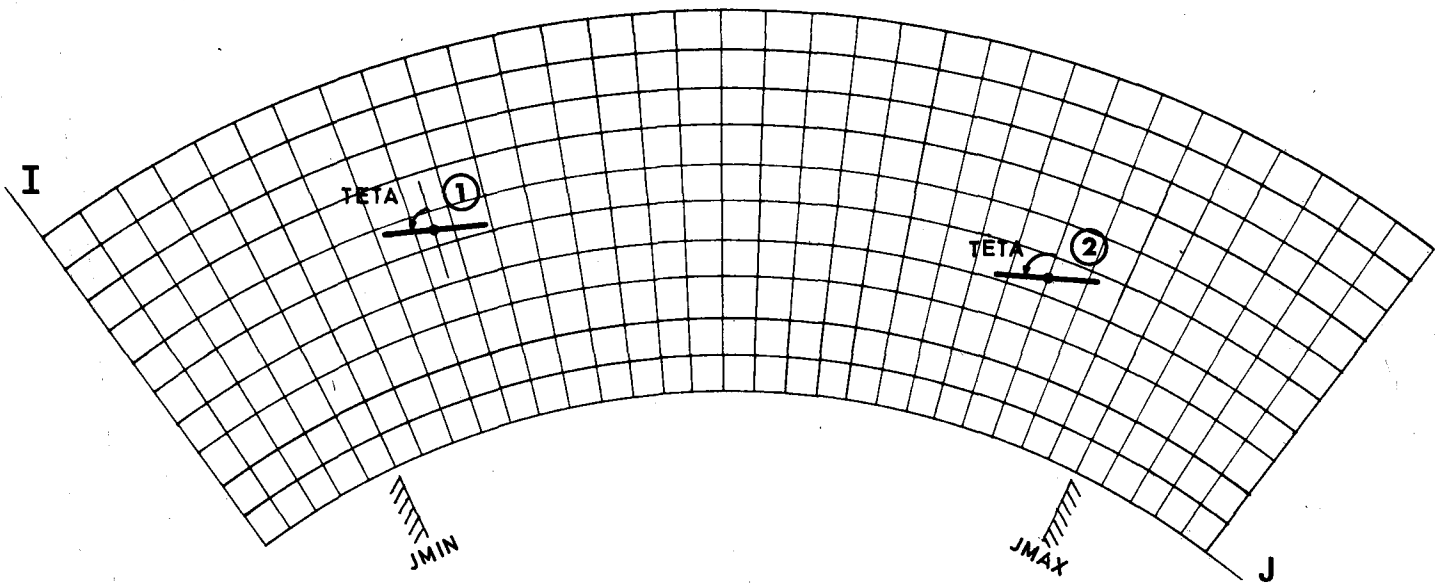
### 7.4 - DESSIN AUTOMATIQUE

- R** = Dessin automatique de surfaces d'influence de réaction d'appui (REAPPUI = 1), indiquer : 1
- En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.
- I** = Dessin automatique de surfaces d'influence aux points définis au bordereau N° 8 (INFLU ≠ 0), indiquer : 1
- En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.
- D** = Dessin automatique du déplacement vertical ou de l'état de flexion (sous forme de moments principaux d'où DIRPAL ≠ 0) suivant la valeur de DEFORM, indiquer : 1.
- En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.
- F** = Dessin automatique des isoquantités de ferrailage ou possibilité complémentaire d'utilisation du programme PRE-EPURE d'arrêt des barres (cf. PSI-DA 68 sous-dossier 4), indiquer : 1.
- Dans le cas contraire, indiquer : 0.

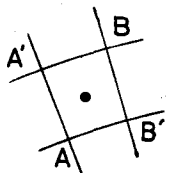


BORDEREAU N° 8 ET 9 - (Illustration)

Lorsque le point d'étude n'est pas situé au droit d'un noeud du maillage, on le désigne conventionnellement par le terme de "rectangle" d'étude.

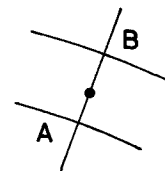


Point d'étude n° 1



$$\begin{aligned} IB &= IA + 1 \\ JB &= JB + 1 \end{aligned}$$

Point d'étude n° 2



$$\begin{aligned} IB &= IA + 1 \\ JB &= JB \end{aligned}$$

L'effet au point d'étude est la moyenne des effets aux noeuds du maillage les plus voisins (noeuds AA' BB' pour le point d'étude n° 1 et noeuds A et B pour le point d'étude n° 2).

8 - BORDEREAU N° 8 - IMPLANTATION DES POINTS A ETUDIER

Pour ces données, l'unité employée est la maille

Ce bordereau n'est joint que si INFLU ou FLEXPOINT (bordereau N° 7)  $\neq 0$

Le point où l'utilisateur demande le calcul des surfaces d'influence n'est pas placé obligatoirement au droit d'un noeud; il peut être situé sur une ligne (ou une colonne à mi-distance de deux noeuds ou au centre d'une maille; dans ce cas, on le représente par un rectangle d'étude).

IA(L), IB(L) = Numéros des colonnes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle d'étude L; on doit avoir IB(L) = IA(L) ou IA(L) + 1

JA(L), JB(L) = Numéros des lignes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle d'étude L; on doit avoir JB(L) = JA(L) ou JA(L) + 1

Les numéros doivent vérifier les conditions suivantes :

$$2 \leq \begin{matrix} \text{IA(L)} \\ \text{IB(L)} \end{matrix} \leq \text{MMAX}$$

$$2 \leq \begin{matrix} \text{JA(L)} \\ \text{JB(L)} \end{matrix} \leq \text{JMAX}$$

9 - BORDEREAU N° 9 - DIRECTION D'ETUDE DES SURFACES D'INFLUENCE

Ce bordereau n'est joint que si INFLU  $\neq 0$  et TETA = 0 (bordereau N° 7)

TETA(L) = Direction du repère orthonormé selon lequel on étudie, au point L, les surfaces d'influence des moments.

Par convention le programme considère en sortie la direction TETA (L) comme "Longitudinale".

$$0 \leq \text{TETA (L)} < 200,00 \text{ gr}$$

10 - BORDEREAU N° 10 - SURFACE D'INFLUENCE DES REACTIONS D'APPUI

Ce bordereau n'est joint que si REAPPUI = 1 (bordereau N° 7).

Indiquer un 1 dans la colonne correspondant au numéro de l'appui dont l'utilisateur veut étudier la surface d'influence de la réaction d'appui.

11 - BORDEREAU N° 11 - CHARGES11.1 - CHARGE PERMANENTE - (C P)

CALCUL = Etude de l'influence de la charge permanente appliquée sur toute la surface de la dalle, indiquer : 1.

Si EDALLE représente la largeur de la dalle équivalente à la nervure (cf. bordereau n° 2), indiquer : 2 et remplir la deuxième partie du bordereau 13 simulant l'effet des encorbellements.

11.2 - CHARGE A (ℓ) - (A)

Si NAPLA = 0 (bordereau n° 3), ne pas remplir cette partie et ne pas joindre le bordereau n° 14.

CALCUL = Etude de :

- l'influence exclusive de la charge A (ℓ) appliquée par bandes qui couvrent une travée ou un couple de travées adjacentes et dont les bords sont parallèles aux bords libres de la dalle, indiquer : 1,
- L'influence cumulée de la charge permanente et de la charge A (ℓ), indiquer : 2.

En l'absence d'étude sous l'influence de A (ℓ) entrée de façon automatique, indiquer : 0 et ne pas joindre le bordereau n° 14.

11.3 - CHARGE DE TYPE B - (BC)

CALCUL = Etude de :

- l'influence exclusive de la charge Bc, indiquer : 1
- l'influence cumulée de la charge permanente et de la charge Bc, indiquer : 2.

En l'absence d'étude sous l'influence de Bc entrée de façon automatique, indiquer : 0 et ne pas joindre le bordereau n° 15.

#### 11.4 - CHARGES RECTANGULAIRES (REC)

CALCUL = Etude de :

- l'influence exclusive des charges rectangulaires, indiquer 1,
- l'influence cumulée de la charge permanente et des charges rectangulaires, indiquer : 2.

En l'absence d'étude sous l'influence de charges rectangulaires indiquer : 0 et ne pas joindre les bordereaux n° 16, 17.

#### 11.5 - FERRAILLAGE PASSIF HORIZONTAL - (FERRA)

FERRA = Calcul des armatures passives de flexion, indiquer : 1 et remplir le bordereau n° 12.

En l'absence de calcul de ferrailage ou si l'ouvrage n'est pas un pont-dalle en béton armé, indiquer : 0 et ne pas joindre le bordereau n° 12.

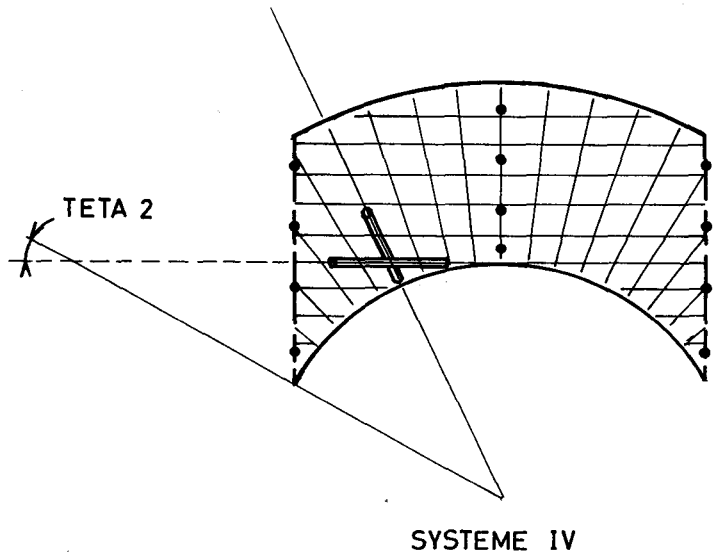
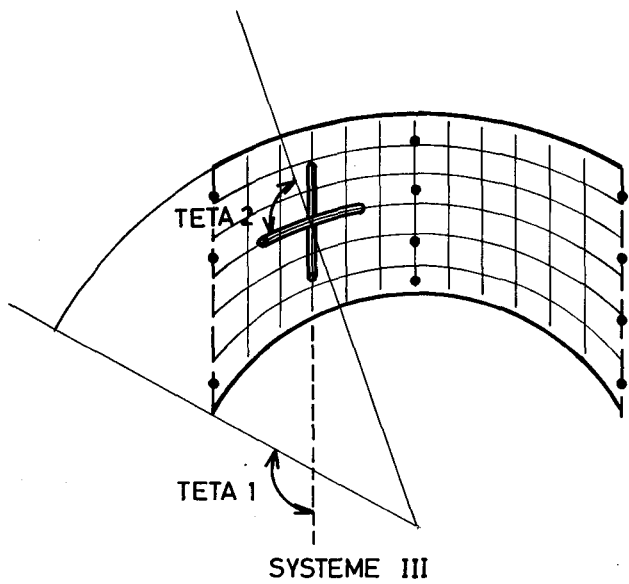
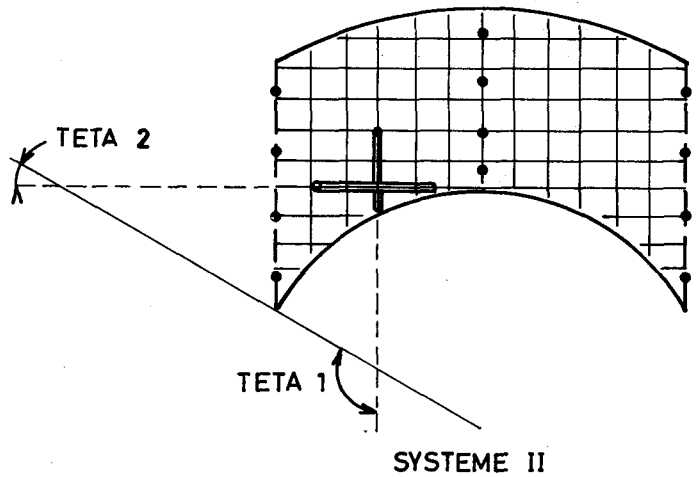
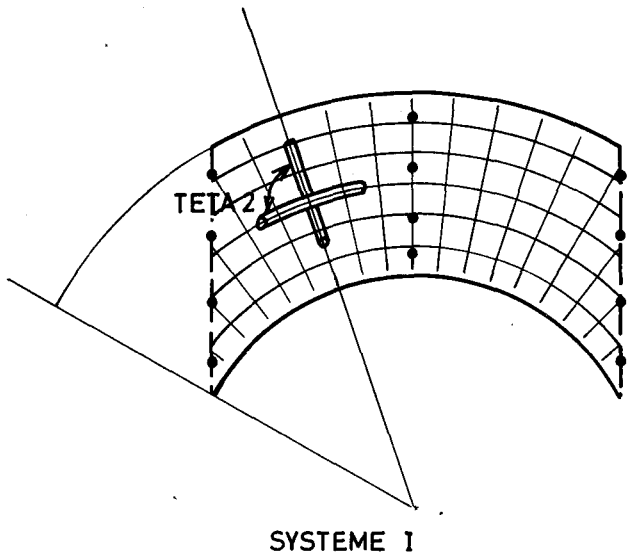
#### 11.6 - CLASSE DU PONT-ROUTE

CLASSE = 1, 2 ou 3 suivant que le pont est de première, seconde ou troisième classe (cf. CPC fascicule 61, titre II, article 3, 1971).

BORDEREAU N°12\_(Illustration)

En chaque point d'étude, la direction d'une nappe d'armatures peut être définie soit par son angle avec la radiale passant par le point d'étude (cas du repère relatif), soit par son angle sur la radiale  $J = 1$  (cas du repère absolu); dans ce dernier cas, on obtient un réseau d'armatures parallèles et rectilignes.

Exemple



18		24		30		36		42		48		54		60	
0	gr	0	gr	1	gr	1	gr	1	gr	0	gr	0	gr	1	gr
0	0	0	0	1	1	1	3	1	3	0	1	0	0	1	3
R	TETA 1	R	TETA 2	R	TETA 1	R	TETA 2	R	TETA 1	R	TETA 2	R	TETA 1	R	TETA 2
SYSTEME I				SYSTEME II				SYSTEME III				SYSTEME IV			

12 - BORDEREAU N° 12 - FERRAILLAGE PASSIF HORIZONTAL

Ce bordereau n'est joint que si FLEXPPOINT = 0 (bordereau N° 7) et FERRA = 1 (bordereau N° 11)

Le programme détermine les sections d'armatures passives de flexion au ml en tous les points de la zone d'étude définie par JMIN et JMAX (cf. bordereau N° 7)

FER = Pour chaque système de ferrailage envisagé :

- calcul de l'enveloppe des sections, indiquer : 1,
- calcul des sections sous chaque cas de charges prévues et calcul de leur enveloppe, indiquer : 2

NSYSU = Nombre de systèmes de ferrailage définis par l'utilisateur, indiquer : 1, 2, 3 ou 4.

DES = En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.

$\bar{\sigma}_a$  = Contrainte de traction admissible des armatures sous sollicitations pondérées du 1er genre

$$\bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_e$$

Usuellement on prend  $\bar{\sigma}_a = 26.667$  t/m<sup>2</sup> (28.000 pour les  $\phi \leq 20$  mm)

$\phi$  = Diamètre commun des armatures servant à la détermination du bras de levier du couple élastique ; pour être dans le sens de la sécurité, l'utilisateur doit indiquer le plus grand diamètre susceptible d'être employé.

R = Définition de l'angle par rapport à un repère :

- relatif, indiquer : 0
- absolu, indiquer : 1

Dans le cas d'un ouvrage à bords rectilignes, indiquer : 0

TETA 1, = Directions de deux nappes d'armatures ; pour chaque système de ferrailage,  
TETA 2 ces directions sont communes aux faces supérieure et inférieure.

$$0 \leq \text{TETA} < 200 \text{ gr}$$

Pour un système de ferrailage donné, nous conseillons de prendre pour TETA 1 la direction de la nappe d'armatures sur lesquelles sont placés les étriers.

$\sigma_{28}$  = Résistance à la traction du béton à 28 jours ; elle peut être calculée à partir de la résistance à la compression, par la formule (cf. fascicule 61, titre VI) :

$$\sigma_{28} = 71,4 + 0,06 \sigma'_{28}$$

Usuellement on prend  $\sigma_{28} = 250$  t/m<sup>2</sup>

## BORDEREAU N°13 (Illustration)

Soient  $T$  et  $M$  respectivement l'effort tranchant et le couple d'encastrement (comptés par ml de longueur) dus à l'encorbellement.

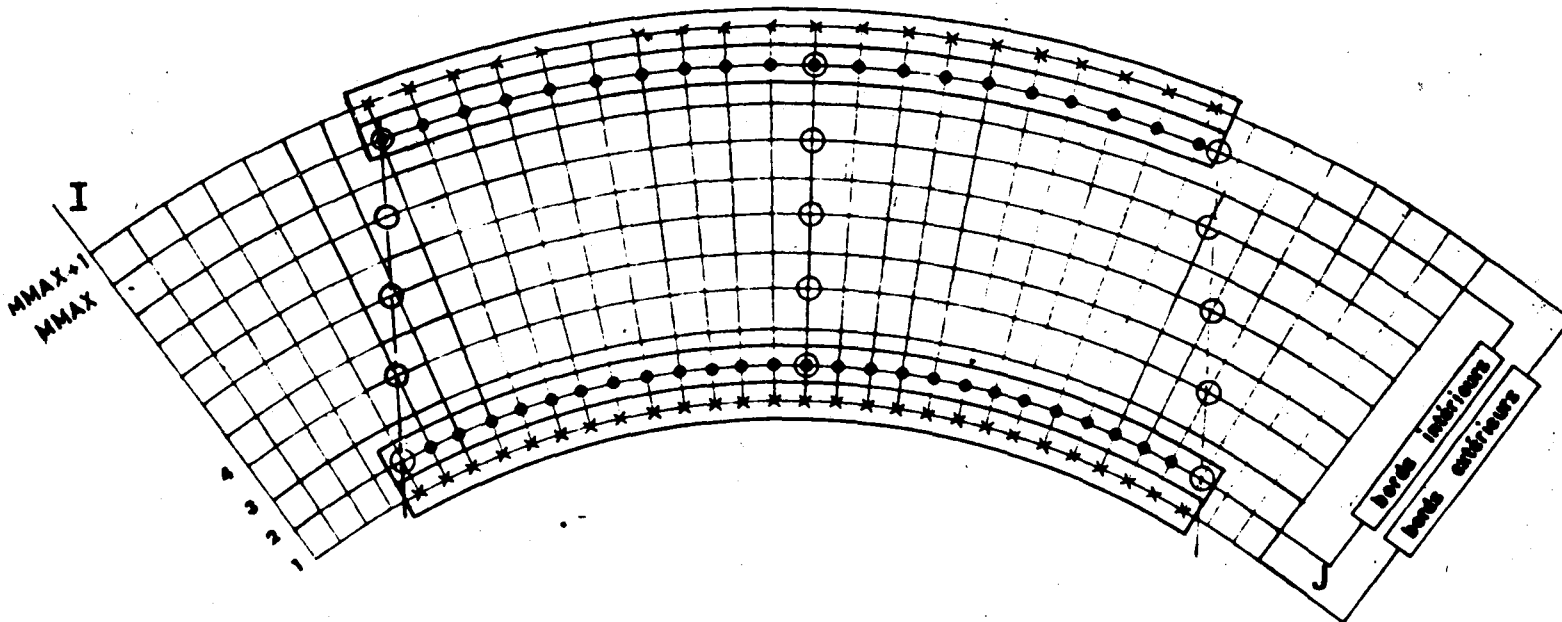
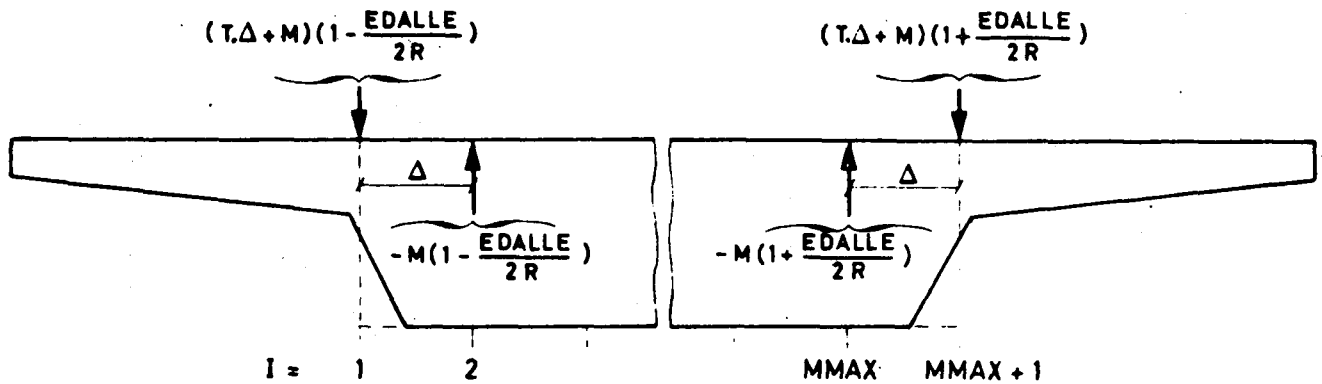
L'effort tranchant est introduit en appliquant aux noeuds des bords libres la charge :

$$T \cdot \Delta \cdot \left( 1 + \varepsilon \frac{EDALLE}{2R} \right) \text{ avec } \varepsilon = \begin{cases} -1 & \text{pour le bord intérieur} \\ 1 & \text{pour le bord extérieur} \end{cases}$$

$$\text{et où } \Delta = \frac{EDALLE}{M_{MAX}} = \text{largeur de la maille}$$

Le couple d'encastrement est introduit par une distribution de deux forces égales et opposées distantes d'une maille transversalement qui conduit à appliquer aux noeuds du voisinage des bords libres la charge :

$$\pm M \cdot \left( 1 + \varepsilon \frac{EDALLE}{2R} \right) \text{ avec } \varepsilon = \begin{cases} -1 & \text{pour le bord intérieur} \\ 1 & \text{pour le bord extérieur} \end{cases}$$



- x charge positive (Effort tranchant + force due au couple d'encastrement)
- charge négative (force due au couple d'encastrement)

**NOTA :** Dans le cas des ponts-dalles courbes, les symboles  $x$  et  $\bullet$  n'ont qu'une signification qualitative (charge positive ou négative) car les noeuds ont des charges différentes selon qu'ils sont situés sur le bord intérieur ou sur le bord extérieur de la dalle.

## 13 - BORDEREAU N° 13 - ACTIONS DE LA CHARGE PERMANENTE

### 13.1 - DENSITE DE LA CHARGE REPARTIE

CP (t/m<sup>2</sup>) = Densité de la charge permanente totale, superstructures et somme à valoir comprises si EDALLE est la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle dans sa totalité (cf. bordereau n° 2).

Densité de la charge permanente, superstructures et somme à valoir comprises, de la dalle équivalente à la nervure uniquement. La partie de la charge permanente, superstructures, corniches, garde corps, etc... en console par rapport à la dalle équivalente à la nervure doit être simulée par un effort tranchant et un couple comme indiqué dans le paragraphe suivant.

### 13.2 - SIMULATION DE L'EFFET DES ENCORBELLEMENTS

D'une façon générale, ce bordereau permet de simuler toute charge permanente non uniformément répartie sur la totalité du modèle MRB ; ce chargement est cumulé avec la charge permanente uniforme introduite par CP (cf. § 13.1).

Si EDALLE (bordereau n° 2 - carte n° 4) est la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle dans sa totalité, on suppose les superstructures uniformément réparties.

Si la dalle est à larges encorbellements (largeur chargeable > largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle élargie de 5 % de part et d'autre), l'utilisateur doit rentrer dans EDALLE (bordereau n° 2 - carte n° 4) la largeur de la dalle équivalente à la nervure et introduire à l'aide de ce bordereau l'effet des encorbellements. En effet, si dans un tel cas, l'utilisateur rentre dans EDALLE la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle, la conséquence la plus grave de ce choix est la sous-estimation des sections d'armatures transversales supérieures car le programme ne tient pas compte de l'effet des encorbellements.

Les encorbellements se comportent comme des consoles encastrées dans la nervure, leur poids propre et les superstructures qu'ils supportent sont simulés par un couple et un effort tranchant appliqués sur les bords libres de la dalle MRB.

Que EDALLE soit la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle ou à la nervure uniquement, l'utilisateur doit dimensionner les armatures passives des encorbellements (utiliser par exemple la pièce 1.5 du dossier-pilote PSI-DP 78 ou le Bulletin technique n° 1 "Calculs des hourdis de pont").\*

#### 13.2.1 - NOMBRE DE RECTANGLES

NR = Nombre de rectangles nécessaires aux actions locales de la charge permanente.

#### 13.2.2 - DEFINITION DES RECTANGLES

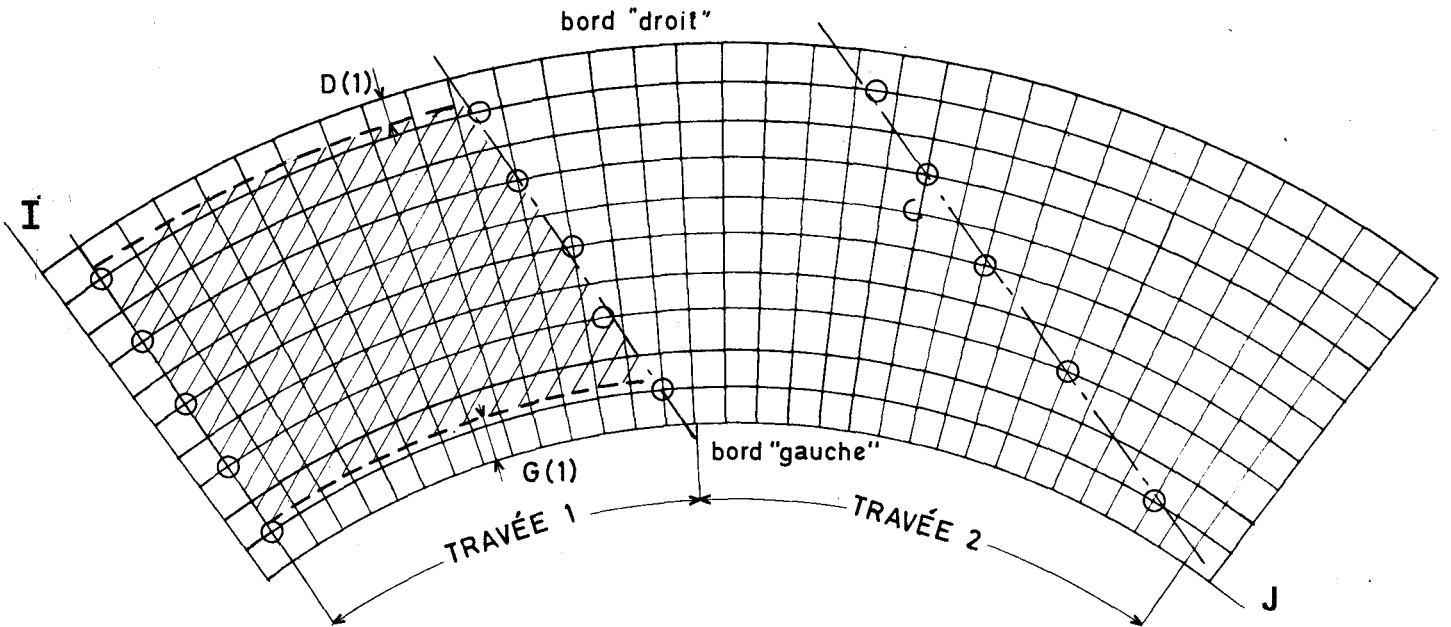
Les actions locales de charges permanentes sont définies par des rectangles du même type que ceux utilisés pour les cas de charges rectangulaires (cf. bordereau n° 17).

---

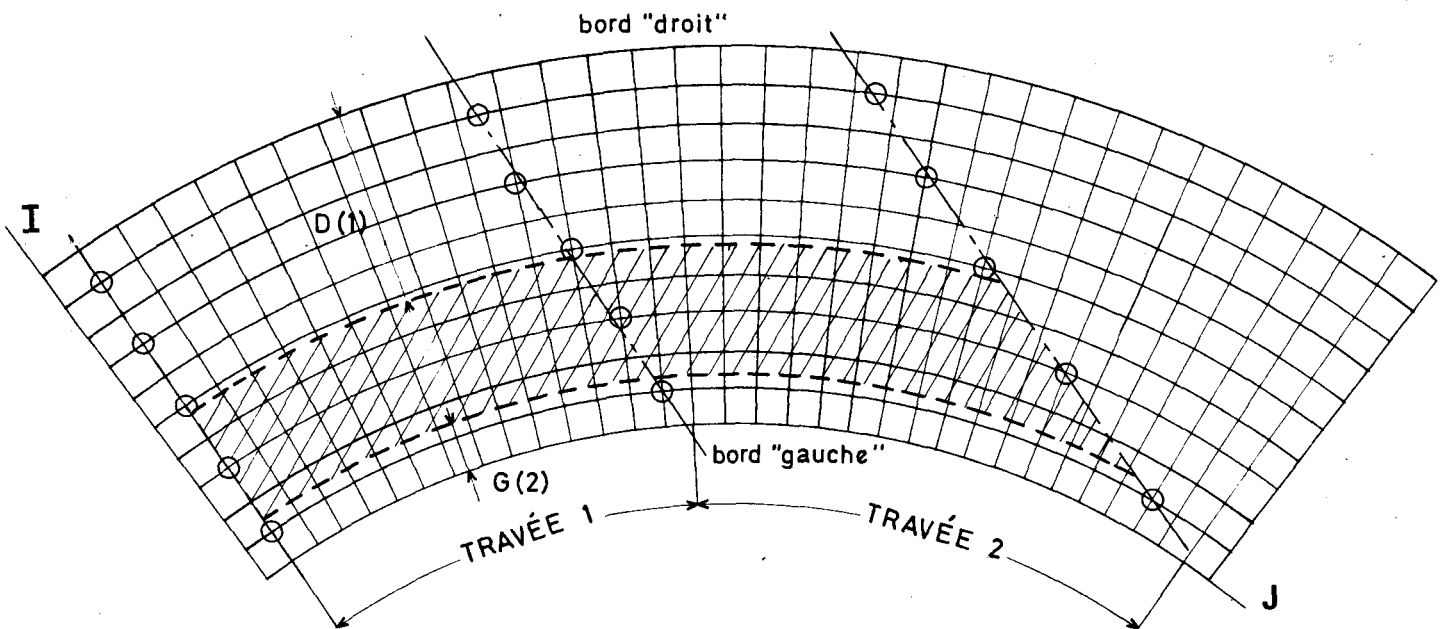
\* et la note d'information sur les ponts-dalles en béton armé avec encorbellements latéraux en date du 20/10/76.



BORDEREAU N° 14 (Illustration)



Travée 1 chargée sur la largeur n°1



Travée 1+2 chargées sur la largeur n°2

Pour une charge disposée en damier l'utilisateur doit obligatoirement simuler la charge  $A(\ell)$  par des charges rectangulaires.

14 - BORDEREAU N° 14 - CHARGE A (ℓ)

Ce bordereau n'est joint que si CALCUL relatif à A (ℓ) (bordereau n° 11) et NAPLA (bordereau n° 3, carte n°6) sont différents de 0.

A la différence des ponts-types, l'utilisateur doit définir dans ce bordereau des cas de charges A (ℓ). Pour un choix judicieux de ces cas, l'utilisateur peut s'inspirer des indications relatives aux programmes de charges types donnés dans les chapitres 1 et 2 de la pièce 0.

La densité de la charge A (ℓ) appliquée par le programme est conforme au fascicule 61 - titre II du CPC 1971. Le programme tient compte des coefficients  $a_1$  et  $a_2$  définis à l'article 4.2 à l'aide des paramètres ESURCH (bordereau n° 2), CLASSE (bordereau n°11) et des largeurs chargées (cf. § 14.1).

14.1 - LARGEURS CHARGEES

G.D = Etant donné la largeur chargée de rang K, G (K) représente la distance en mètres du bord gauche de la bande chargée au bord libre gauche de la dalle et D (K) représente la distance en mètres du bord droit de la bande chargée au bord libre droit de la dalle.

Lorsque les largeurs chargées dépassent EDALLE (cf. bordereau n° 2, carte n° 4) du côté gauche, il faudra ajouter un signe - devant la valeur de G ; de même si les largeurs chargées dépassent EDALLE du côté droit (-D).

14.2 - TRAVEES CHARGEES

Cases 1, 2, 3, 4, 5 = Numéro de travée.

Cases 1+2 2+3 3+4 4+5 = Numéro du couple de travées adjacentes.

Pour chaque travée ou couple de travées adjacentes chargées, l'utilisateur doit indiquer dans la case correspondante le numéro de code défini ci-après :

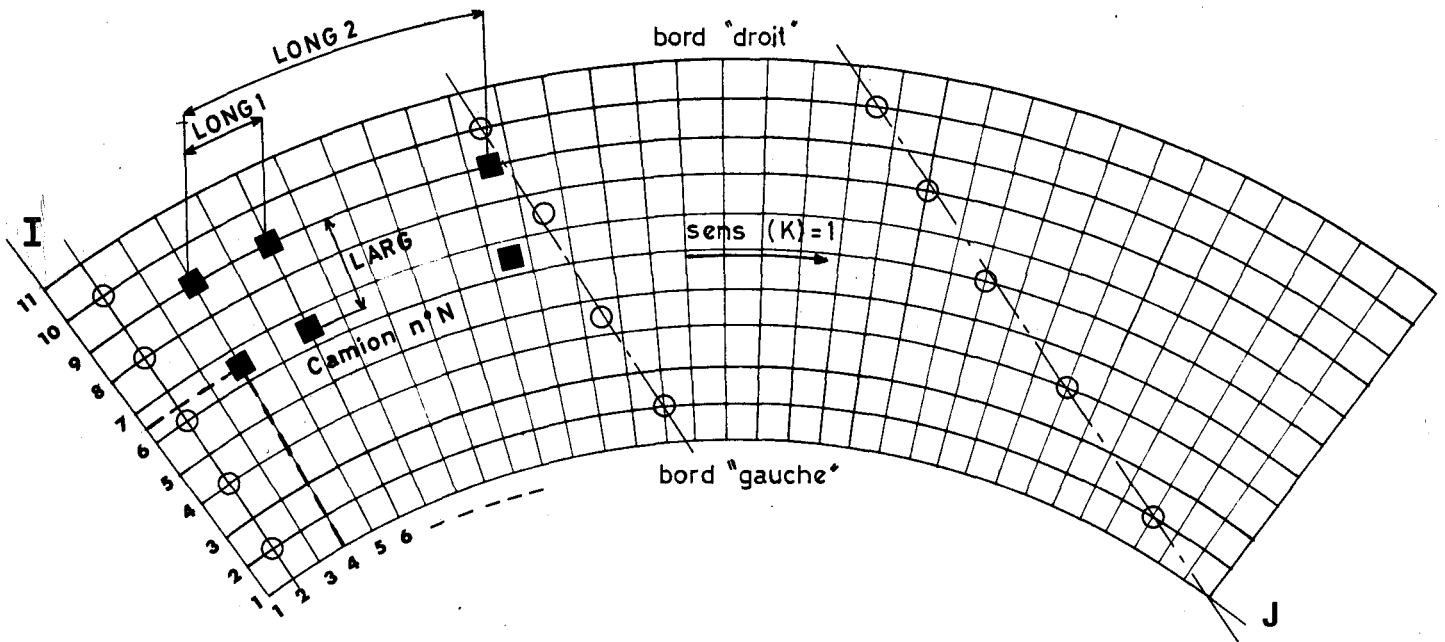
Numéro des largeurs chargées	1	2	3	4	1 et 2	1 et 3	1 et 4	2 et 3	2 et 4	3 et 4	1,2 et 3	1,2 et 4	1,3 et 4	2,3 et 4	1,2, 3 et 4
N° de code	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15

Si aucune charge A (ℓ) n'est prévue sur une travée ou sur un couple de travées adjacentes, le numéro de code est 00.

BORDEREAU N° 15 (Illustration)

Les roues du camion ne sont pas placées obligatoirement au droit d'un noeud; elles peuvent être situées sur une ligne (ou une colonne) à mi-distance de deux noeuds ou au centre d'une maille.

Les roues du camion peuvent être positionnées sur les bords libres de la dalle et ne sont pas obligatoirement à l'intérieur de la zone d'étude définie par JMIN et JMAX (cf. bordereau N° 7).



Exemple : EDALLE = 8,00 m MMAX = 10

$$\text{d'où} \left\{ \begin{array}{l} \text{LARG} = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ soit } 2 \text{ mailles } 1/2 \\ \text{LONG 1} = \frac{15}{8} = 1,875 \text{ soit } 2 \text{ mailles} \\ \text{LONG 2} = \frac{60}{8} = 7,5 \text{ soit } 7 \text{ mailles } 1/2 \end{array} \right.$$

avec IA (N) = 6 , IB (N) = 7 et JA (N) = JB (N) = 4

15 - BORDEREAU N ° 15 - CHARGE Bc

Ce bordereau n'est joint que si CALCUL relatif à Bc (bordereau n° 11) diffère de 0. Il s'agit ici d'une charge qui peut représenter l'adaptation des camions réglementaires au maillage.

15.1 - DEFINITION DES CONVOIS

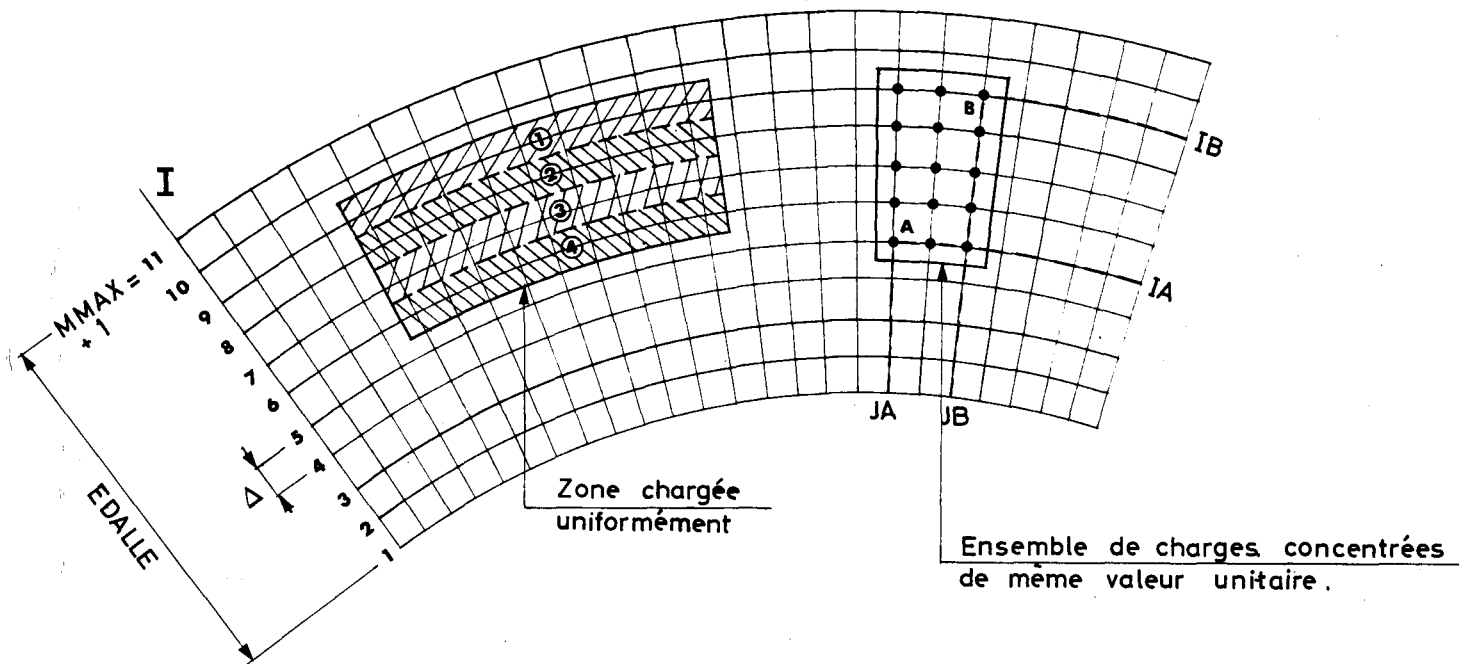
- LARG = Distance en mailles entre les axes des roues arrières du camion Bc, en général on adopte :
- $$LARG = \text{multiple de } 0,5 \text{ le plus proche de } (2,00 \times \frac{M_{MAX}}{EDALLE})$$
- LONG 1 = Distance en mailles entre les deux essieux arrières du camion Bc, en général, on adopte :
- $$LONG 1 = \text{multiple de } 0,5 \text{ le plus proche de } (1,50 \times \frac{M_{MAX}}{EDALLE})$$
- LONG 2 = Distance en mailles entre les essieux extrêmes du camion Bc, en général on adopte :
- $$LONG 2 = \text{multiple de } 0,5 \text{ le plus proche de } (6,00 \times \frac{M_{MAX}}{EDALLE})$$
- POIDS = Poids en tonnes d'une roue arrière du camion Bc majoré du coefficient de majoration dynamique calculé pour la charge Bc maximale que peut supporter le tablier. Le poids d'une roue avant est pris par le programme égal à  $\frac{POIDS}{2}$ .
- KB = Nombre de cas de charge Bc ( $KB \leq 5$ )
- NC (K) = Nombre de camions envisagés dans le cas de charge Bc de rang K, K variant de 1 à KB ( $NC (K) \leq 12$ ).
- NFILE (K) = Nombre de files de camions. Ce paramètre concomitamment avec CLASSE (bordereau n° 11) permet au programme de déterminer le coefficient bc (cf. CPC fascicule 61, titre II, article 522, 1971) et de multiplier par ce coefficient les charges Bc données par "POIDS".
- Porter 0 si l'on souhaite que le programme ne fasse pas application du coefficient bc : par exemple, pour un calcul suivant le programme de charges 1960 ou certains règlements étrangers.
- SENS (K) = Sens de circulation des camions du cas de charge Bc de rang K, K variant de 1 à KB
- De gauche à droite, indiquer : 1  
De droite à gauche, indiquer : 2

15.2 - DEFINITION DES CAMIONS PAR CAS DE CHARGE

Chaque cas de charge K doit débiter en tête d'une carte.

- IA (N), IB (N) = Numéros des colonnes de noeuds qui encadrent le centre de l'impact de la roue la plus proche du bord "gauche" de la dalle de l'essieu le plus arrière du camion de rang N, N variant de 1 à NC (K) ; on doit avoir  $IB (N) = IA (N) \text{ ou } IA (N) + 1$ .
- JA (N), JB (N) = Numéros des lignes de noeuds qui encadrent le centre de l'impact de la roue la plus proche du bord "gauche" de la dalle de l'essieu le plus arrière du camion de rang N, N variant de 1 à NC (K) ; on doit avoir  $JB (N) = JA (N) \text{ ou } JA (N) + 1$ .

## BORDEREAU N° 16 (Illustration)



Pour simuler une charge uniformément répartie sur un pont courbe, l'utilisateur doit théoriquement employer un rectangle par colonne; la charge commune en tonnes de chaque noeud de la colonne de rang I est donnée par la formule :

$$p \cdot \Delta^2 \left\{ 1 + \left[ I - \left( \frac{M_{MAX}}{2} + 1 \right) \right] \cdot \frac{\Delta}{R} \right\}$$

avec  $p$  = densité de la charge en  $t/m^2$

$\Delta$  = largeur de la maille en mètres  $\left( \Delta = \frac{EDALLE}{M_{MAX}} \right)$

$R$  = rayon en mètres du cercle définissant l'axe longitudinal de la dalle.

Chaque rectangle élémentaire ① ② ③ et ④ de la zone chargée uniformément est défini comme un ensemble de charges concentrées de même valeur unitaire.

Dans la pratique, si la largeur de la maille est petite par rapport au rayon de l'ouvrage et si la " charge rectangulaire " est employée pour représenter une charge effectivement rectangulaire telle que les chenilles du char ou le convoi exceptionnel, on ne tiendra pas compte ni de la correction indiquée ci-dessus, ni de la courbure de la " charge rectangulaire " représentant la charge à étudier.

16 - BORDEREAU N° 16 - CHARGES RECTANGULAIRES

Ce bordereau n'est joint que si CALCUL relatif à REC (bordereau N° 11) diffère de 0.

Les charges rectangulaires sont normalement utilisées pour représenter les efforts dus au char, à un convoi exceptionnel ou à un tracé de câbles de précontrainte.

Le programme multiplie la valeur des charges rectangulaires par le coefficient PONDER (cf. bordereau N° 2 - carte N° 5); ainsi, en général, pour représenter le char, la charge à introduire est le poids du char divisé par PONDER et multiplié par le coefficient de majoration dynamique pour tenir compte de la non pondération de la charge militaire.

KR = Nombre de cas de charges rectangulaires ( $KR \leq 20$ ).

17 - BORDEREAU N° 17 - CAS DE CHARGES RECTANGULAIRES N° K17.1 - NOMBRE DE RECTANGLES

NR = Nombre de rectangles envisagés dans le cas de charge de rang K, K variant de 1 à KR ( $NR \leq 150$ )

17.2 - DEFINITION DES RECTANGLES

Les noeuds intérieurs à un rectangle doivent avoir la même charge et nous admettons que le chargement équivaut à une charge uniformément répartie sur la surface du rectangle.

IA(N), IB(N) = Numéros des colonnes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle N° N; on doit avoir  $IB(N) \geq IA(N)$ .

JA(N), JB(N) = Numéros des lignes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle N° N; on doit avoir  $JB(N) \geq JA(N)$ .

Les noeuds chargés peuvent appartenir aux bords libres de la dalle ( $IA$  ou  $IB = 1$  et  $IA$  ou  $IB = MMAX + 1$ ) et ne sont pas obligatoirement intérieurs à la zone d'étude définie par JMIN et JMAX (cf. bordereau N° 7).

CHARGE(N) = Charge totale en tonnes, appliquée au rectangle N° N, majorée éventuellement du coefficient de majoration dynamique.

Si le rectangle de rang N représente l'application d'une charge autre que les charges A et B, l'utilisateur ne doit pas omettre de minorer CHARGE(N) de la valeur de PONDER (cf. bordereau N° 2 - carte N° 5).

Le nombre N de cartes nécessaires pour introduire un cas de charges rectangulaires de NR rectangles est tel que :

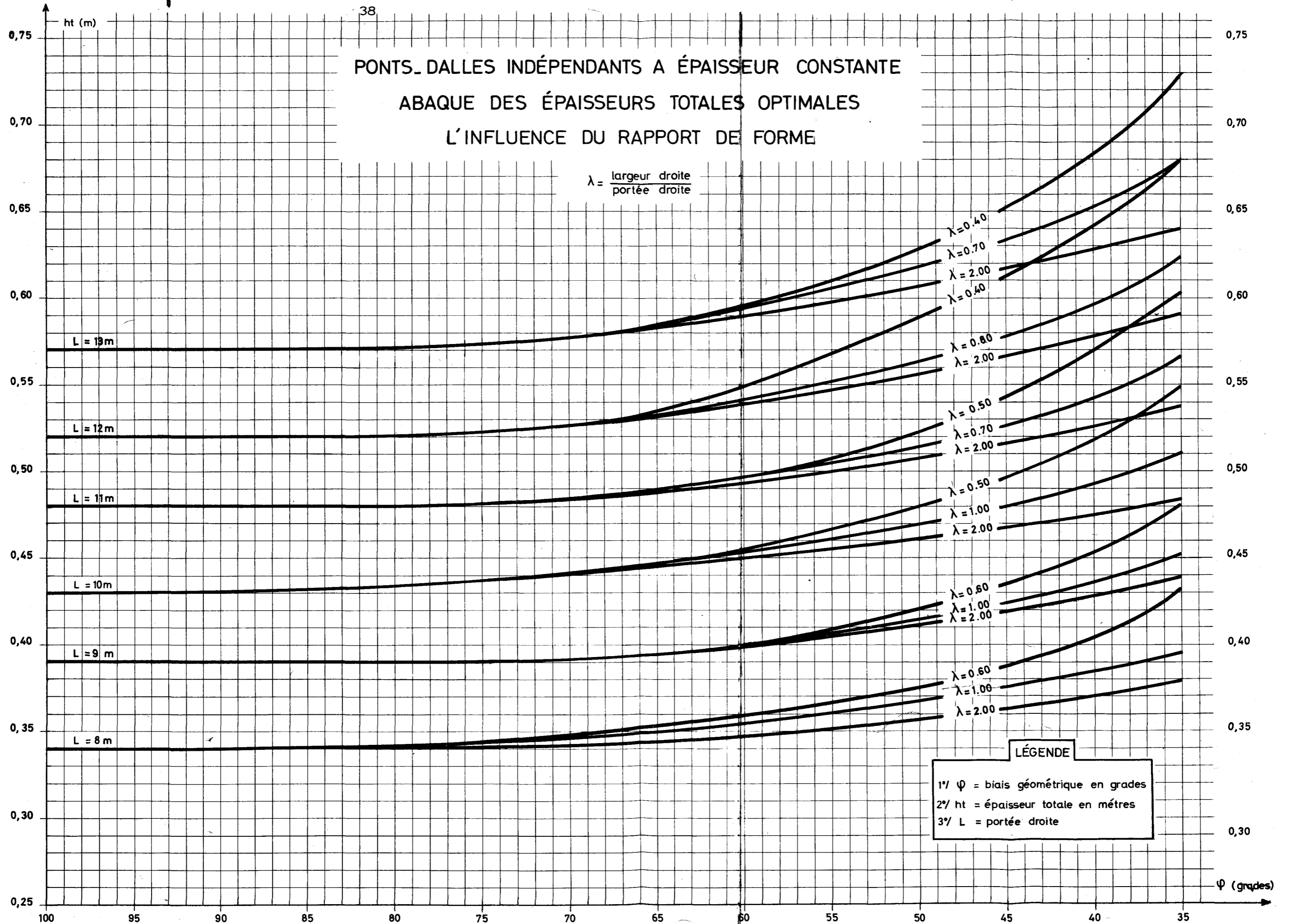
$$4(N - 1) < NR \leq 4N$$

# PONTS DALLES INDÉPENDANTS A ÉPAISSEUR CONSTANTE

## ABAQUE DES ÉPAISSEURS TOTALES OPTIMALES

### L'INFLUENCE DU RAPPORT DE FORME

$$\lambda = \frac{\text{largeur droite}}{\text{portée droite}}$$









**MINISTERE DES TRANSPORTS**

DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIERE

CALCUL ÉLECTRONIQUE DES STRUCTURES

**MRB\_BP 78**

**1.5**

**Bordereaux des données MRB\_BP**

MAI 1978

Document réalisé et diffusé par la Division des Ouvrages d'Art du  
46, av. Aristide Briand - 92223 BAGNEUX - Tél. 664.14.77

**SETRA**

-----  
CADRE DE LETTRE DE COMMANDE  
(à envoyer en 3 exemplaires)

I - ADRESSER LA COMMANDE A :

Monsieur l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Directeur de la DOA  
A l'attention de M. l'Ingénieur des Ponts et Chaussées  
Chargé de l'Arrondissement T1  
S.E.T.R.A.  
B.P. 100 - 92223 BAGNEUX

II - CADRE DE LA DEMANDE.

Prière de bien vouloir procéder au calcul de l'ouvrage dont nous vous faisons parvenir ci-joint le tableau des données dûment rempli en double exemplaire.

L'objet du calcul est le suivant (rayer les mentions inutiles)

Projet (A.P.D.)	Contrôle ou vérification
Consultation des entreprises	Prédimensionnement d'un pont courbe
Etude d'exécution	Prédimensionnement d'un pont biais

Indiquer si cet ouvrage a fait l'objet de calculs électroniques antérieurs et par quels programmes :

III - IMPRESSION DE LA NOTE DE CALCUL.

La note de calcul sera expédiée en trois exemplaires (l'original plus deux photoréductions au format 210 x 297).

Je vous prie de bien vouloir m'envoyer                      exemplaires supplémentaires photoréduits.

Ces exemplaires supplémentaires sont facturés en sus (coût des photocopies).

PROGRAMME MRB.BP 78

- 
- Service ou organisme demandeur : (nom - adresse)
  - Ingénieur ayant rempli le bordereau des données : Nom : Tél :
  - Désignation de l'ouvrage à calculer :  
- nom - numéro
  - voie portée :  
- voie franchie ;  
(préciser : autoroute; RN ; CD ; voirie vicinale ; voirie urbaine)
  - Expédition de la note de calcul : nom  
adresse :
  - Facturation de la note de calcul : nom  
adresse :
  - Pièces jointes (éventuellement) :
- Fait à le 19 répétée pour lisibilité :  
(signature du demandeur)

CADRE RESERVE AU S.E.T.R.A.

Bon de commande au Centre d'Exploitation des Programmes

n° de commande :

Niveau de facturation :

Remarques :

Bon pour exécution du calcul  
dessin

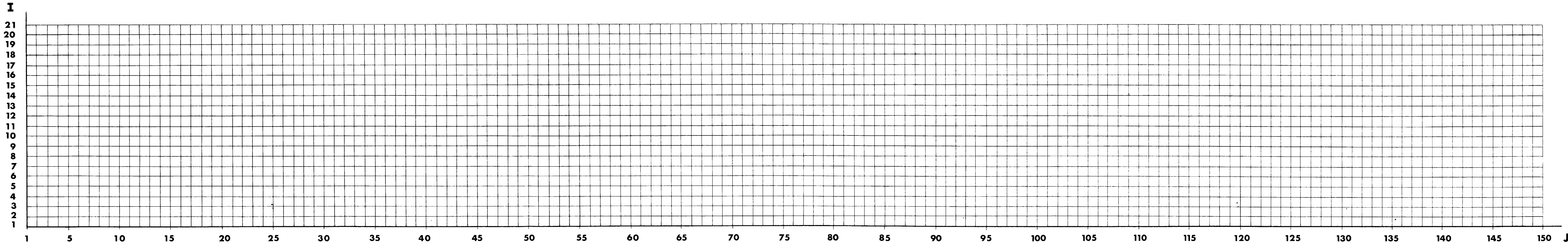
Bagneux, le

19

L'Ingénieur Gestionnaire

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU MODÈLE

BORDEREAU N°0 BP



# INTITULÉ DE L'OUVRAGE

BORDEREAU N°1 BP



CARTE N° 1

1	10	16	20	30	40	50	60	70	72
MRB-BP	NO	A							
RÉSERVÉ AU SETRA			A REMPLIR PAR LE DEMANDEUR						

CARTE N° 2

1	10	20	30	40	48
A REMPLIR PAR LE DEMANDEUR					

# DÉFINITION DE LA BANDE

BORDEREAU N°2 BP



## DÉFINITION DES TABLES DE RÉFÉRENCE

CARTE N° 3

1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18
0					3	6					
MMAX		LTAB		NFICH		COURBE		IPUNCH		TSOM	
RÉSERVÉ AU SÉTRA											

## CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DE LA BANDE

CARTE N° 4

1	4	5	9	10	14	15	19
m		m		m			m
H DALLE		E DALLE		E SURCH		RC	

## CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DE LA BANDE

CARTE N° 5

1	3	4	13	14	17
,		tm <sup>2</sup> /m			
0		0	+ 0		
POISSON		RIGIDITÉ			PONDER

# IMPLANTATION DES APPUIS

BORDEREAU N°3 BP



CARTE N° 6

1	3	4	6	8	10	12	14	16	17
0		0						0	
NAPTO		NAPLA		N1	N2	N3	N4	NATURE	MAT

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
1				2				3				4				5				6				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

# IMPLANTATION DES APPUIS ( suite )



CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	



# ÉLASTICITÉ DES APPUIS

BORDEREAU N°4 BP

Ne joindre ce bordereau que si NATURE (bordereau n°3\_Carte n°6)=1 ou 3



CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0			0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0
1			2			3			4			5			6			7			8		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0			0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0
9			10			11			12			13			14			15			16		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0			0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0
17			18			19			20			21			22			23			24		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0			0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0
25			26			27			28			29			30			31			32		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0			0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0
33			34			35			36			37			38			39			40		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0			0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0
41			42			43			44			45			46			47			48		

CARTE N°

9			18			27			36			45			54			63			72		
m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0			0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0			-0
49			50			51			52			53			54			55			56		

CARTE N°

9			18			27			36		
m/t			m/t			m/t			m/t		
0			0			0			0		
		-0			-0			-0			-0
57			58			59			60		

# UTILISATION DES MATRICES D'ELASTICITE DES APPUIS



Ne joindre ce bordereau que si MAT = 1 et si NATURE = 1 ou 3 (bordereau n° 3, carte n° 6)

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NBMAT	OM(1)	OM(2)	OM(3)	OM(4)	OM(5)	OM(6)	OM(7)	OM(8)	OM(9)	OM(10)	OM(11)	OM(12)	OM(13)	OM(14)	OM(15)	OM(16)	OM(17)	OM(18)	OM(19)	OM(20)	OM(21)	OM(22)	OM(23)	OM(24)	OM(25)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
OM(26)	OM(27)	OM(28)	OM(29)	OM(30)	OM(31)	OM(32)	OM(33)	OM(34)	OM(35)	OM(36)	OM(37)	OM(38)	OM(39)	OM(40)	OM(41)	OM(42)	OM(43)	OM(44)	OM(45)	OM(46)	OM(47)	OM(48)	OM(49)	OM(50)	OM(51)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
OM(52)	OM(53)	OM(54)	OM(55)	OM(56)	OM(57)	OM(58)	OM(59)	OM(60)	OM(61)	OM(62)	OM(63)	OM(64)	OM(65)	OM(66)	OM(67)	OM(68)	OM(69)	OM(70)	OM(71)	OM(72)	OM(73)	OM(74)	OM(75)	OM(76)	OM(77)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
OM(78)	OM(79)	OM(80)	OM(81)	OM(82)	OM(83)	OM(84)	OM(85)	OM(86)	OM(87)	OM(88)	OM(89)	OM(90)	OM(91)	OM(92)	OM(93)	OM(94)	OM(95)	OM(96)	OM(97)	OM(98)	OM(99)	OM(100)	OM(101)	OM(102)	OM(103)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
OM(104)	OM(105)	OM(106)	OM(107)	OM(108)	OM(109)	OM(110)	OM(111)	OM(112)	OM(113)	OM(114)	OM(115)	OM(116)	OM(117)	OM(118)	OM(119)	OM(120)	OM(121)	OM(122)	OM(123)	OM(124)	OM(125)	OM(126)	OM(127)	OM(128)	OM(129)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
OM(130)	OM(131)	OM(132)	OM(133)	OM(134)	OM(135)	OM(136)	OM(137)	OM(138)	OM(139)	OM(140)	OM(141)	OM(142)	OM(143)	OM(144)	OM(145)	OM(146)	OM(147)	OM(148)	OM(149)	OM(150)	OM(151)	OM(152)	OM(153)	OM(154)	OM(155)		



# UTILISATION DES MATRICES D'ELASTICITE DES APPUIS



Ne joindre ce bordereau que si MAT = 1 et si NATURE = 1 ou 3 (bordereau n°3, carte n°6)

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NB GA	NM(1)	NM(2)	NM(3)	NM(4)	NM(5)	NM(6)	NM(7)	NM(8)	NM(9)	NM(10)	NM(11)	NM(12)	NM(13)	NM(14)	NM(15)	NM(16)	NM(17)	NM(18)	NM(19)	NM(20)	NM(21)	NM(22)	NM(23)	NM(24)	NM(25)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(26)	NM(27)	NM(28)	NM(29)	NM(30)	NM(31)	NM(32)	NM(33)	NM(34)	NM(35)	NM(36)	NM(37)	NM(38)	NM(39)	NM(40)	NM(41)	NM(42)	NM(43)	NM(44)	NM(45)	NM(46)	NM(47)	NM(48)	NM(49)	NM(50)	NM(51)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(52)	NM(53)	NM(54)	NM(55)	NM(56)	NM(57)	NM(58)	NM(59)	NM(60)	NM(61)	NM(62)	NM(63)	NM(64)	NM(65)	NM(66)	NM(67)	NM(68)	NM(69)	NM(70)	NM(71)	NM(72)	NM(73)	NM(74)	NM(75)	NM(76)	NM(77)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(78)	NM(79)	NM(80)	NM(81)	NM(82)	NM(83)	NM(84)	NM(85)	NM(86)	NM(87)	NM(88)	NM(89)	NM(90)	NM(91)	NM(92)	NM(93)	NM(94)	NM(95)	NM(96)	NM(97)	NM(98)	NM(99)	NM(100)	NM(101)	NM(102)	NM(103)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(104)	NM(105)	NM(106)	NM(107)	NM(108)	NM(109)	NM(110)	NM(111)	NM(112)	NM(113)	NM(114)	NM(115)	NM(116)	NM(117)	NM(118)	NM(119)	NM(120)	NM(121)	NM(122)	NM(123)	NM(124)	NM(125)	NM(126)	NM(127)	NM(128)	NM(129)		

CARTE N°

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	80	
NM(130)	NM(131)	NM(132)	NM(133)	NM(134)	NM(135)	NM(136)	NM(137)	NM(138)	NM(139)	NM(140)	NM(141)	NM(142)	NM(143)	NM(144)	NM(145)	NM(146)	NM(147)	NM(148)	NM(149)	NM(150)	NM(151)	NM(152)	NM(153)	NM(154)	NM(155)		



# DÉNIVELÉE DES APPUIS

BORDEREAU N°6 BP

Ne joindre ce bordereau que si NATURE (bordereau n°3\_carte n°6 / =2 ou 3



CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	3	4	5	6	7	8

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	11	12	13	14	15	16

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	0	0
17	18	19	20	21	22	23	24

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	0	0
25	26	27	28	29	30	31	32

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	0	0
33	34	35	36	37	38	39	40

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	0	0
41	42	43	44	45	46	47	48

CARTE N°

9	18	27	36	45	54	63	72
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	0	0	0	0	0	0
49	50	51	52	53	54	55	56

CARTE N°

9	18	27	36
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>
-	-	-	-
0	0	0	0
57	58	59	60

# DÉFINITION DES ÉTUDES

BORDEREAU N°7 RP



CARTE N°

3			6			9			12			15			18			23			25		27		30			33			36			40				
						0	0		0	0		0	0	1	0					gr			0	1	0	1	0	0	0	0	0		0	0				
J MIN			J MAX			REAPPUI			INFLU						LMAX			TETA										DIRPAL			DEFORM			R I D F				
ZONE D'ÉTUDE			SURFACES D'INFLUENCE												ÉTATS DE DÉFORMATION									DESSIN														

# IMPLANTATION DES POINTS A ETUDIER

BORDEREAU N° 8 BP

Ne joindre ce bordereau que si INFLU (bordereau n° 7) ≠ 0



CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
1				2				3				4				5				6				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
7				8				9				10				11				12				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
13				14				15				16				17				18				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
19				20				21				22				23				24				

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	
25				26				27				28				29				30				



# DIRECTION D'ÉTUDE DES SURFACES D'INFLUENCE

BORDEREAU N°9 BP

Ne joindre ce bordereau que si INFLU  $\neq$  0 et TETA (bordereau n°7) = 0



CARTE N°

	5		10		15		20		25		30		35		40		45		50	
	gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr	
TETA	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	

CARTE N°

	5		10		15		20		25		30		35		40		45		50	
	gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr	
TETA	11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	

CARTE N°

	5		10		15		20		25		30		35		40		45		50	
	gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr		gr	
TETA	21		22		23		24		25		26		27		28		29		30	





# FERRAILLAGE PASSIF HORIZONTAL

BORDEREAU N°12 BP



CARTE N°

3		8				
0	0				1/2	
FER		$\sigma_s$				

# ACTION HORIZONTALE DE LA PRÉCONTRAÎTE

BORDEREAU N°13 B?



## PRÉCONTRAÎTE LONGITUDINALE

Ne joindre cette carte que si LONG (Bordereau n°11)  $\neq 0$

CARTE N°

4		9			11	14		16	19		21	24		26	29	
	t/m		gr													
FPL		ALPHAL			IL	JL		IL	JL		IL	JL		IL	JL	
					1		2			3		4				

## PRÉCONTRAÎTE TRANSVERSALE

Ne joindre cette carte que si TRANS (Bordereau n°11)  $\neq 0$

CARTE N°

4		9			11	14		16	19		21	24		26	29	
	t/m		gr													
FPT		ALPHAT			IT	JT		IT	JT		IT	JT		IT	JT	
					1		2			3		4				

# ACTION VERTICALE DE LA PRÉCONTRAINTE

BORDEREAU N°14 BP



## DÉFINITION

CARTE N°

3	6	9	12	15
NR	CP (1)	PREC (2)	CP (2)	PREC (1)
COEFFICIENTS				

## FORCES VERTICALES DE PRÉCONTRAINTE

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	
1					2					3					4					

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

Si le nombre de rectangles n'est pas suffisant, utiliser le bordereau 20.

# ACTIONS DE LA CHARGE PERMANENTE

Ne joindre ce bordereau que si CP\_CALCUL ( bordereau n°11 ) = 1 ou 2



## NOMBRE DE RECTANGLES

CARTE N°

4		6	
t/m <sup>2</sup>			
CP		NR	

## DÉFINITION DES RECTANGLES

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE
1					2					3					4				

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

Si le nombre de rectangles n'est pas suffisant, utiliser le bordereau 20.

# CHARGE A (l)

BORDEREAU N°16 BP

Ne joindre ce bordereau que si A-CALCUL (bordereau n°11)  $\neq 0$   
 et NAPLA (bordereau n°3 carte n°6)  $\neq 0$



CARTE N°

6		12				18				24				30				36				42				48			
m		m		m		m		m		m		m		m		m		m		m		m		m		m			
G		D		G		D		G		D		G		D		G		D		G		D		G		D			
LARGEUR N°1				LARGEUR N°2				LARGEUR N°3				LARGEUR N°4																	

CARTE N°

2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	2	3	4	5	1+2	2+3	3+4	4+5



# CHARGE Bc

BORDEREAU N°17 BP

Ne joindre ce bordereau que si BC\_CALCUL ( bordereau n°11 ) ≠ 0



## DÉFINITION DES CONVOIS

CARTE N°

3		6		9		13		15		18		20		23		25		28		30		33		35		38		40	
LARG	LONG 1	LONG 2	POIDS	KB	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	NC	NFILE	SENS	
DIMENSIONS D'UN CAMION					1				2				3				4				5								

## DÉFINITION DES CAMIONS PAR CAS DE CHARGE

CARTE N°

2		4		7		10		12		14		17		20		22		24		27		30		32		34		37		40		42		44		47		50		52		54		57		60					
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB				
1				2				3				4				5				6																															

CARTE N°

2		4		7		10		12		14		17		20		22		24		27		30		32		34		37		40		42		44		47		50		52		54		57		60							
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB						

CARTE N°

2		4		7		10		12		14		17		20		22		24		27		30		32		34		37		40		42		44		47		50		52		54		57		60										
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB									

CARTE N°

2		4		7		10		12		14		17		20		22		24		27		30		32		34		37		40		42		44		47		50		52		54		57		60												
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB											

**DÉFINITION DES CAMIONS PAR CAS DE CHARGE (SUITE)**



CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

CARTE N°

2	4	7	10	12	14	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	42	44	47	50	52	54	57	60	
IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	IA	IB	JA	JB	

# CHARGES RECTANGULAIRES

BORDEREAU N° 18 BP

Ne joindre ce bordereau que si REC\_CALCUL (bordereau n°11) est



## NOMBRE DE CAS DE CHARGES

CARTE N°

3		
0		
KR		

# CAS DE CHARGES RECTANGULAIRES N°

BORDEREAU N°19 RP

Ne joindre ce bordereau que si REC\_CALCUL ( bordereau n°11 ) ≠ 0



## DÉFINITION DE LA SOLLICITATION

CARTE N°

3			6		
0	0	1			
NAT			NR		

## DÉFINITION DES RECTANGLES

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE
1				2				3				4							

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60
				t					t					t					t
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE

Si le nombre de rectangles n'est pas suffisant, utiliser le bordereau 20.

# DÉFINITION DES RECTANGLES

BORDEREAU N° 20 BP

Ce bordereau doit être reproduit autant de fois qu'il est nécessaire



CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	

CARTE N°

2	4	7	10	15	17	19	22	25	30	32	34	37	40	45	47	49	52	55	60	
IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	IA	IB	JA	JB	CHARGE	





**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**

DIRECTION DES ROUTES ET  
DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE

CALCUL ÉLECTRONIQUE DES STRUCTURES


**MRB.BP 78**

**1.6**

**Commentaire des données MRB.BP**

MAI 1978

## AVANT — PROPOS

Le sigle  figurant sur les bordereaux de données permet de les distinguer des bordereaux de données du programme MRB-BP 70 (pièce 1.5 du précédent dossier MRB-BP 70) ; ce sigle indique en particulier que le domaine d'application du programme MRB-BP a été étendu dans sa version 1978 aux ponts-dalles à bords circulaires et concentriques.

x

x      x

Le programme MRB-BP s'applique à une structure de pont-dalle :

- homogène, isotrope et d'inertie constante (en pratique, une dalle pleine d'épaisseur constante) ;
- aux bords libres rectilignes et parallèles ou circulaires et concentriques ;
- aux conditions d'appuis exceptionnelles, par le biais des lignes d'appuis et par l'implantation quelconque des appareils d'appui ;
- précontrainte dans une direction ou dans deux directions orthogonales et armée dans les mêmes directions.

Seuls les ponts-dalles dont l'angle de biais mécanique\* est en moyenne inférieur à 65 grades, doivent faire l'objet d'un calcul par le programme MRB-BP.

---

\* L'angle de biais mécanique est défini au § 4.3 de la pièce 0 en fonction de la forme de la dalle par la formule suivante :

$$\psi = \varphi + (100 - \varphi) (1 - 0.5 \eta)^2 \quad \text{si } \eta < 2$$

$$\psi = \varphi \quad \text{si } \eta \geq 2$$

$\varphi$  : biais géométrique en grades,

$\psi$  : biais mécanique en grades, compté à partir de la perpendiculaire au bord libre,

$\eta$  = rapport largeur/portée.



Le programme MRB-BP est un programme de vérification d'une précontrainte et de détermination d'armatures passives de flexion : l'épaisseur de la dalle et la précontrainte étant dimensionnées au préalable, la note de calcul fournit pour chaque chargement statique défini par l'utilisateur :

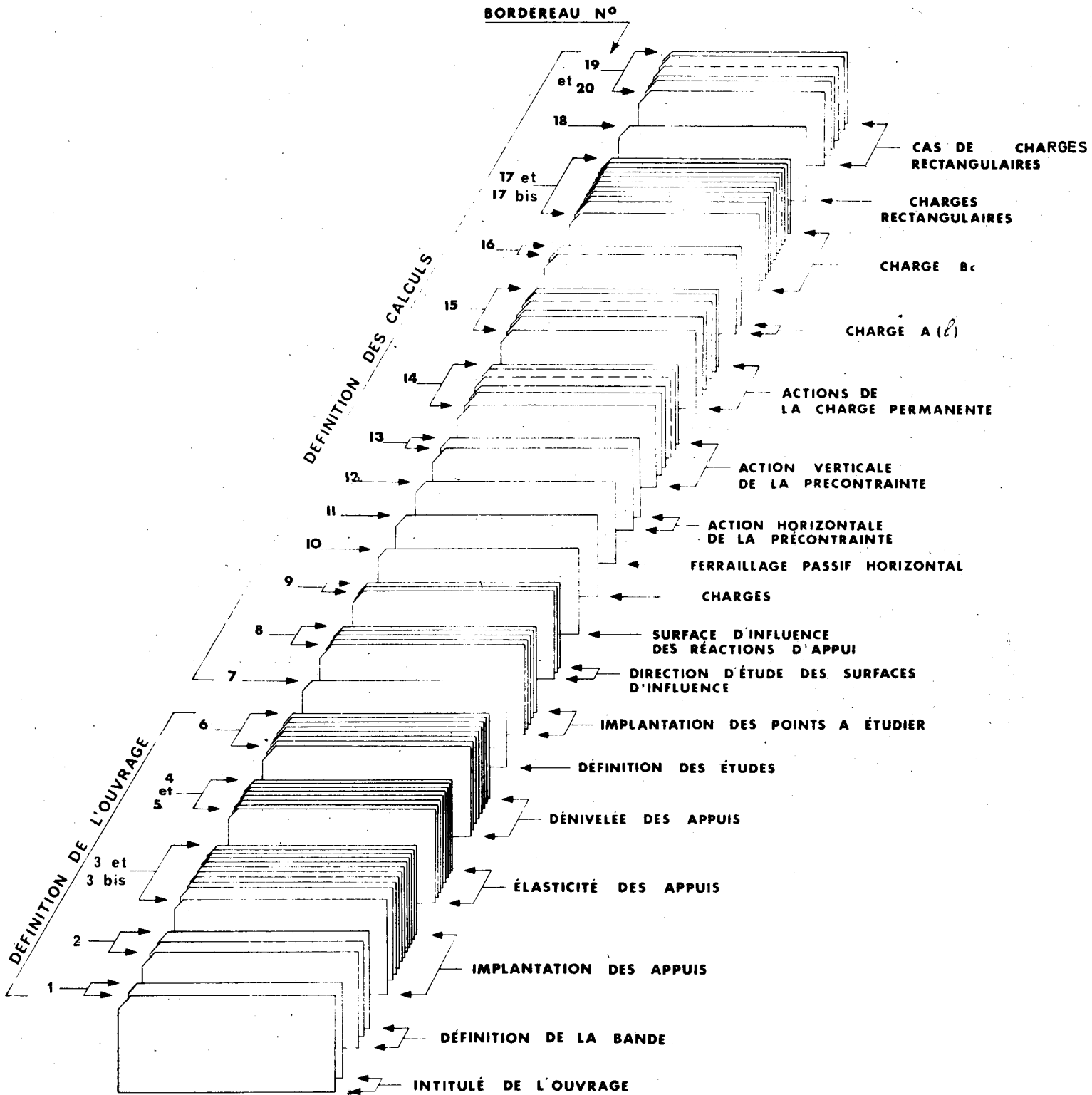
- Les réactions d'appui par appareil d'appui en tonnes et pour tous les points d'une zone d'étude donnée :
  - le déplacement vertical en mm compté positivement vers le bas, à partir de la position initiale de la dalle ;
  - l'état d'efforts tranchants en t/m et leurs directions principales ;
  - les éléments de réduction (contraintes principales et direction) et les composantes du tenseur des contraintes, faces supérieure et inférieure en t/m<sup>2</sup> ;
  - l'enveloppe des sections d'armatures passives de flexion en cm<sup>2</sup>/m.

Le programme peut aussi fournir les surfaces d'influence des réactions d'appui, du déplacement vertical et des composantes du tenseur des moments, ainsi que le dessin automatique :

- des surfaces d'influence et du déplacement vertical sous forme de courbes de niveau,
- des états de contrainte sous forme de vecteurs représentatifs des contraintes principales,
- du ferrailage enveloppe sous forme de courbe d'isoquantité.

La détermination de l'épaisseur de la dalle et des caractéristiques de la précontrainte longitudinale (tracé, actions horizontale et verticale) peut se faire à l'aide des abaques de prédimensionnement. (cf. pièce 1.8).

# ORDRE DES DONNÉES



## PREPARATION DES DONNEES

Les données sont fournies dans l'ordre figuré au schéma ci-contre. Elles se divisent en deux groupes principaux :

- les données définissant l'ouvrage (intitulé, définition de la bande, implantation et caractéristiques des appareils d'appui),
- les données définissant la consistance des études (points à étudier, efforts calculés, charges appliquées, ferrailage).

Ces données sont regroupées par des bordereaux numérotés de 1 à 18.

### UNITES

le mètre, la tonne et le grade centésimal.  
Si la maille est employée comme unité de longueur, le commentaire relatif à la donnée intéressée l'indique.

### CONVENTIONS

Pour les nombres décimaux, la position de la virgule est représentée par un trait plus court et plus épais surmonté de l'unité employée ou d'une virgule "," pour un nombre sans dimension.

#### Exemple

1				4
m				
0	7	0	0	
HDALLE				

signifie HDALLE = 0,70 m

Pour les nombres entiers tels que MMAX, NAPPUI etc... la colonne de droite est réservée aux unités.

Pour les nombres relatifs, seul le signe - est à indiquer.

Une charge appliquée de bas en haut est affectée du signe -

Les angles sont repérés par rapport à la perpendiculaire aux bords libres et comptés positivement dans le sens trigonométrique; leur valeur toujours positive doit être comprise entre 0 et 200 grades.

Les appellations de colonne de noeuds et de ligne de noeuds sont liées à la présentation des résultats sur la note de calcul électronique dans laquelle les colonnes et les lignes correspondent respectivement aux "I" et aux "J" de la représentation graphique du modèle. De même, la qualification de droite ou de gauche est en rapport avec la note de calcul électronique.

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU LOGEMENT  
 SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES

CALCUL ÉLECTRONIQUE DES STRUCTURES

M. R. B.

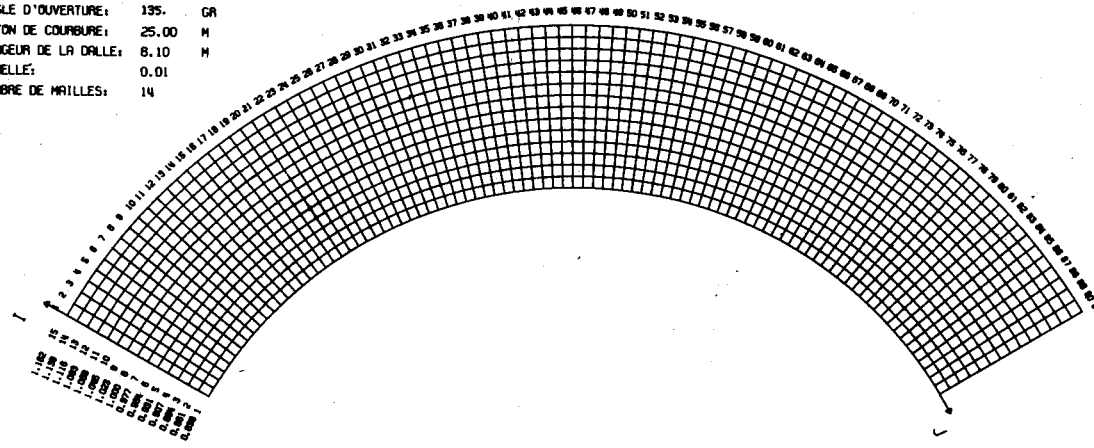
EXEMPLE DE MAILLAGE COURBE

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DU MODÈLE

DIVISION DES OUVRAGES D'ART 8  
 10, AVENUE ARISTIDE BRINQ, 12223 BRUXELLES  
 B.P. 100 TEL. 1 885 42 82

DONNÉES GÉOMÉTRIQUES DU MAILLAGE

ANGLE D'OUVERTURE: 135 GR  
 RAYON DE COURBURE: 25,00 M  
 LARGEUR DE LA DALLE: 8,10 M  
 ÉCHELLE: 0,01  
 NOMBRE DE MAILLES: 14



BORDEREAU N° 0 (Illustration)

Dessin automatique du maillage dans le cas d'un ouvrage à bords libres circulaires et concentriques.

0 - BORDEREAU N° 0 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU MODELE

Ce bordereau ne peut être utilisé que pour les ouvrages à bords libres parallèles et rectilignes. Dans le cas d'ouvrages à bords libres circulaires et concentriques le maillage est constitué de la manière suivante :

- les "I" sont des arcs de cercles concentriques au cercle définissant l'axe longitudinal de l'ouvrage, I = 1 correspondant au bord intérieur de l'ouvrage;
- les "J" sont des segments de droites radiales espacés d'une maille sur l'axe longitudinal de l'ouvrage.

L'utilisateur peut demander au gestionnaire du programme le dessin automatique de ce maillage sur calque, en précisant les données suivantes :

- le nombre de mailles compté suivant une radiale;
- la largeur droite;
- le rayon du cercle définissant l'axe longitudinal;
- l'angle d'ouverture des deux radiales encadrant l'ouvrage;
- l'échelle du dessin.

Avant de remplir les bordereaux de données numériques N° 1,2..., l'utilisateur doit s'attacher à dessiner le modèle de l'ouvrage sur le maillage; au cours de ce travail, il est amené à simplifier, voire modifier certains éléments de la structure qu'il envisage de faire étudier, pour tenir compte des contraintes du programme.

Ainsi cette opération est fondamentale parce qu'elle facilite le remplissage des données et leur contrôle par le gestionnaire du programme.

L'utilisateur doit obligatoirement indiquer :

- d'un trait renforcé les bords libres du modèle,
- d'un cercle l'emplacement des appareils d'appui sans oublier de mentionner leur numéro d'ordre,
- les droites représentant les câbles de précontrainte qui limitent les zones de précontrainte longitudinale et transversale (si elle existe).

Sur des tirages de ce dessin du modèle, l'utilisateur doit, s'il y a lieu :

- représenter les rectangles définissant l'action verticale de la précontrainte,
- tracer les limites d'application des charges A ( $\ell$ ) envisagées
- implanter les camions de la charge Bc,
- représenter les rectangles des différents cas de charges rectangulaires.

1 - BORDEREAU N° 1 - INTITULE DE L'OUVRAGE

La première carte permet en particulier d'identifier le travail :

- les colonnes 1 à 16 sont réservées au S.E.T.R.A. pour identifier par la suite le calcul,
- les colonnes 17 à 72 sont remplies par l'utilisateur,

La deuxième carte peut être aussi remplie par l'utilisateur.

Ce dernier dispose donc de 104 colonnes pour intituler son ouvrage;

Exemple : numéro de l'autoroute, département, commune  
numéro de l'ouvrage, numéro du projet, etc ...

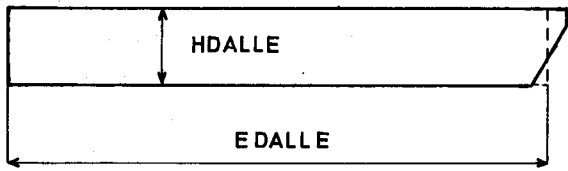
Les caractères dont dispose l'utilisateur sont :

- les chiffres,
- les lettres de l'alphabet,
- les autres caractères suivants / - + \* . , ( ) ' =

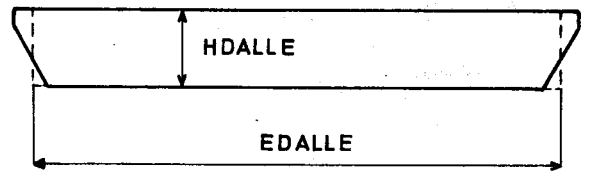
L'utilisateur notera que l'ensemble des deux cartes, qui totalise 120 positions de caractères, correspond à l'impression d'une ligne; il est souhaitable, pour une bonne présentation, que celui-ci dispose l'intitulé de son ouvrage en conséquence.

## BORDEREAU N°2 (Illustration)

## Dalle sans encorbellement



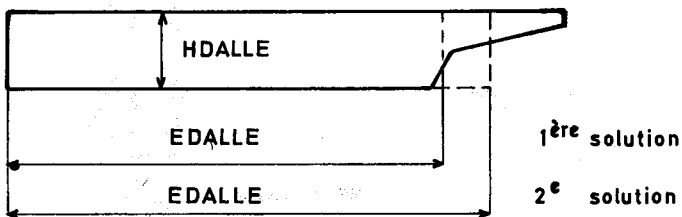
CAS D'UN P. I.



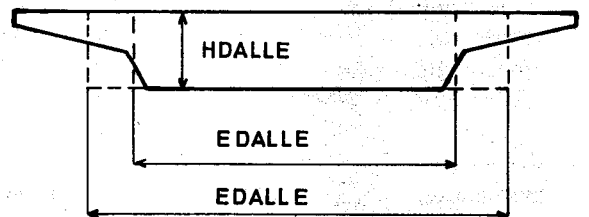
CAS D'UN P. S.

Si la dalle est sans encorbellement, EDALLE est la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle dans sa totalité.

## Dalle avec encorbellement



CAS D'UN P. I.



CAS D'UN P. S.

Si la dalle est avec encorbellement, EDALLE est la largeur de la dalle équivalente,\* soit à la dalle réelle dans sa totalité (2ème solution), soit à la nervure uniquement (1ère solution).

---

\* La dalle équivalente est la dalle rectangulaire de même épaisseur que la dalle réelle et de largeur telle que son inertie de flexion soit la même que celle de la dalle réelle.

## 2 - BORDEREAU N° 2 - DEFINITION DE LA BANDE

### 2.1 - CARTE N° 3 - DEFINITION DES TABLES DE REFERENCE

MMAX = Nombre de mailles par ligne. On doit avoir  $6 \leq MMA X \leq 20$ . Il est utile de limiter autant que possible la valeur de MMA X, car ce paramètre intervient dans le coût de la note de calcul (cf. chapitre 10, pièce 0). Un compromis doit être recherché entre le coût, la précision de calcul (on peut aller jusqu'à 2 m pour la dimension de la maille sans trop porter préjudice à la précision des calculs pour les ouvrages de largeur droite supérieure à 20m) et la possibilité de positionner les points d'appuis (voir annexe "biais normalisés" jointe à la fin de la pièce 0).

HDALLE = Epaisseur moyenne totale de la dalle ; cette donnée sert en particulier au calcul des corrections au droit des appareils d'appui.

EDALLE = Distance droite entre bords libres de la dalle. Dans le cas d'une dalle équivalente à la nervure uniquement, l'influence de la charge permanente de l'encorbellement est simulée par un couple et un effort tranchant appliqués sur les bords libres de la dalle MRB, et introduits à l'aide des actions de la charge permanente (cf. bordereau n° 15).

Dans tous les cas, si les limites d'application de Bc sont en dehors de la dalle équivalente, l'utilisateur ne peut générer cette charge que par des chargements rectangulaires ; l'effet de la charge placée en dehors de la dalle équivalente est simulé par un couple et un effort tranchant appliqués sur les bords libres de la dalle MRB. Par contre, on peut utiliser le calcul automatique de A ( $\rho$ ) (cf. bordereau n° 16) en donnant à G ou D le signe - dans le cas où la largeur chargée dépasse la largeur équivalente.

ESURCH = Largeur chargeable définie par le règlement de charges 1971 (cf. fascicule 61 - titre II - chapitre 1er, article 2).

RC = Dans le cas d'une dalle à bords libres circulaires, rayon du cercle définissant l'axe longitudinal de la dalle. Dans le cas d'une dalle à bords libres rectilignes, ne rien remplir.



2.3 - CARTE N° 5 - CARACTERISTIQUES MECANIQUES DE LA BANDE

POISSON = Coefficient de Poisson du matériau. Usuellement, on prend 0,20.

Si la dalle est précontrainte dans une direction au moins, indiquer 0,20.

RIGIDITE = Valeur de  $E_v I / (1 - \nu^2)$  avec :

$E_v$  le module de déformation différée du béton,

$\nu$  le coefficient de Poisson du matériau,

$I$  l'inertie de la dalle au mètre linéaire, =  $\frac{HDALLE^3}{12}$

Cette valeur est écrite en virgule flottante.

Exemple :

tm <sup>2</sup> m										
0	4	4	6	0	0	0	•	0	5	
RIGIDITÉ										

signifie 44 600 tm<sup>2</sup>/m

(0,446 000 x 10<sup>5</sup>)

PONDER = Coefficient de pondération commun à toutes les charges d'exploitation

= 1,1 dans le cas de l'Instruction Provisoire n° 1 (IP1)\*

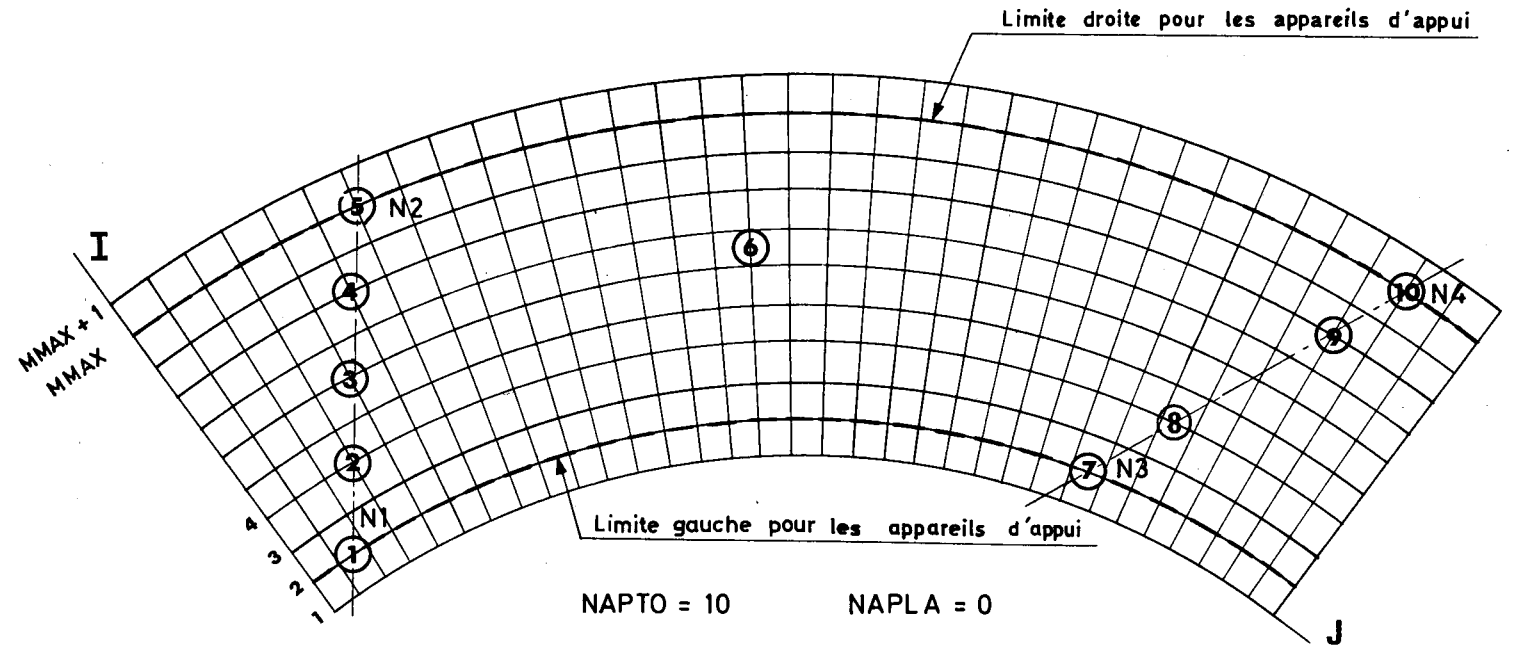
= 1,2 dans le cas de l'Instruction Provisoire n° 2 (IP2)\*\*

---

\* Nous désignons par le sigle IP1, l'Instruction Provisoire relative à l'emploi du béton précontraint définie par le circulaire n° 44 du 12 Août 1965.

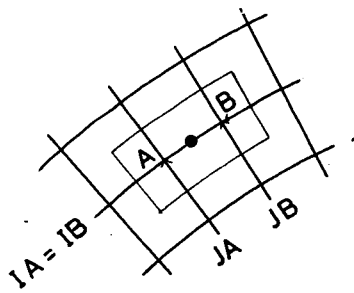
\*\* Nous désignons par le sigle IP2, l'Instruction Provisoire relative à l'emploi du béton précontraint définie par la circulaire n° 73 153 du 13 Août 1973.

## BORDEREAU N° 3 (Illustration)

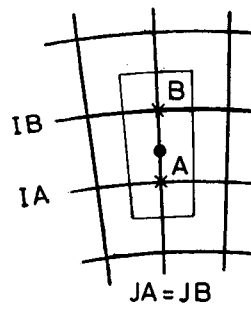
Pont courbe à deux travées avec mono-appui

Les appareils d'appui n° 1, 6, 7 et 8 sont représentés par des rectangles

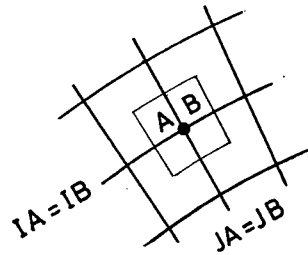
APPUI N° 1



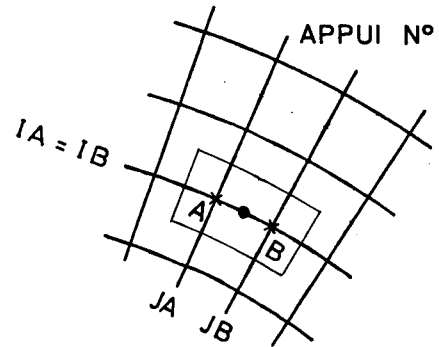
APPUI N° 6



APPUI N° 2



APPUI N° 8



3 - BORDEREAU N° 3 - IMPLANTATION DES APPUIS3.1 - CARTE N° 6

- NAPTO = Nombre total d'appareils d'appui.  $NAPTO \leq 60$
- NAPLA = Nombre d'appareils d'appui par ligne d'appuis, commun à toutes les lignes d'appuis ; si ce nombre n'est pas commun, indiquer : 0
- N1, N2, N3, N4 = Numéros des appareils d'appui extrêmes définissant les limites de la dalle ; on doit avoir  $N2 \geq N1$  et  $N4 \geq N3$ .
- NATURE = Caractéristiques mécaniques des appareils d'appui,
- 0 : appuis rigides,
- 1 : appuis élastiques, joindre le bordereau n° 4
- 2 : appuis dénivelés, joindre le bordereau n° 6
- 3 : appuis élastiques et dénivelés, joindre le bordereau n° 4 et 6
- MAT = 1 : les déplacements verticaux des appuis élastiques (NATURE = 1) et éventuellement dénivelés (NATURE = 3) sont liés par des matrices d'élasticité. Joindre le bordereau n° 5.

3.2 - CARTES N° 7, N° ..... - NUMEROS DES COLONNES ET DES LIGNES REPERANT LES APPAREILS D'APPUI

Pour ces données, l'unité employée est la maille ; I = 1 coïncide avec le bord gauche de la dalle.

Un appareil d'appui n'est pas placé obligatoirement au droit d'un noeud ; il peut être situé sur une ligne (ou une colonne) à mi-distance de deux noeuds ou au centre d'une maille ; dans ce cas, on le représente par un rectangle d'appui.

Le bordereau n° 3 bis n'est à utiliser que si  $NAPTO \geq 25$

IA (L), IB (L) = Numéros des colonnes de noeuds qui limitent le rectangle d'appui n° L ; on doit avoir  $IB (L) = IA (L)$  ou  $IA (L) + 1$

JA (L), JB (L) = Numéros des lignes de noeuds qui limitent le rectangle d'appui n° L ; on doit avoir  $JB (L) = JA (L)$  ou  $JA (L) + 1$

Un appareil d'appui doit être obligatoirement à l'intérieur de la bande soit :

$$2 \leq \frac{IA}{IB} \leq MMAX$$

Les appareils d'appui sont numérotés ligne d'appuis par ligne d'appuis de sorte que :

- les lignes d'appuis soient toujours décrites dans le même sens (I croissants ou I décroissants)
- l'inégalité suivante soit vérifiée

$$JB (N4) \geq JB (N3)$$

4 - BORDEREAU N° 4 - ELASTICITE DES APPUIS

Ce bordereau n'est joint que si la valeur portée dans la case NATURE (bordereau n° 3 - carte n° 6) est égale à 1 ou 3.

Le numéro inscrit au bas de chaque case représente le numéro d'ordre de l'appui correspondant à celui des cartes n° 7 et suivantes.

Le nombre de N de cartes à utiliser et à numéroter est :

$$8(N-1) < \text{NAPTO} \leq 8N, \quad N \text{ étant la partie entière de } \frac{\text{NAPTO} + 7}{8}$$

Dans la case n° 1 :

- si l'appui est élastique, l'utilisateur indique la dénivelée en mètre de cet appui sous l'influence d'une réaction d'appui de 1 tonne ; cette valeur est écrite en virgule flottante.

Exemple :

								9
m/t								
0	3	0	0	0	0	-	0	3
								1

signifie 0,0003 m / t

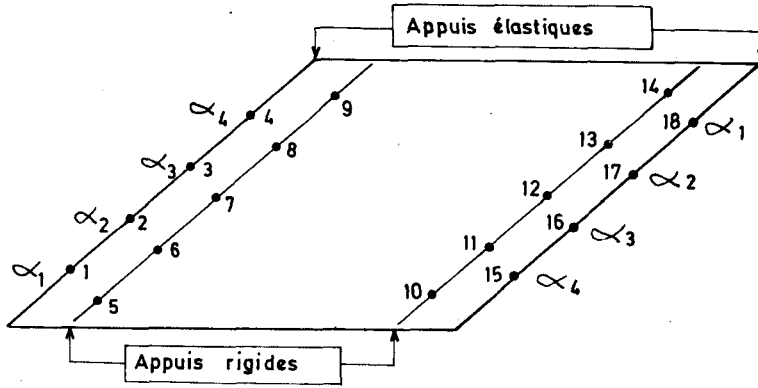
- si l'appui n° 1 est rigide, indiquer : 0

Il est important de signaler à l'utilisateur que les points d'appuis d'une même ligne d'appuis doivent être parfaitement alignés (pour ce faire, se reporter à l'annexe des "biais normalisés", jointe à la fin de la pièce 0), sinon, le calcul des réactions d'appuis sera faussé par des effets d'encastrement parasites au niveau des lignes d'appuis.

BORDEREAU N° 5 ( ILLUSTRATION )

EXEMPLE D'APPLICATION

Prenons le cas d'un PIP0 comportant 18 appuis avec deux lignes d'appuis élastiques et deux lignes d'appuis rigides comme indiqué par la figure suivante :



les  $\alpha$  étant les coefficients d'élasticité donnés par les formules du dossier PIP0, prenons pour fixer les idées :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,3462 \cdot 10^{-5} \\ \alpha_2 &= 0,2478 \cdot 10^{-5} \\ \alpha_3 &= \alpha_2 \\ \alpha_4 &= 0,1478 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

Voici comment on remplit les bordereaux (Ne pas oublier d'indiquer MAT = 1 et NATURE = 1 dans la carte n° 6).

	3	6	9	12
	3	1	1	1
NBMAT	OM(1)	OM(2)	OM(3)	

3 matrices d'ordre 1

								9	10
	•	3	4	6	2	-		5	
COEL (1)									

Matrice n° 1

								9	10
	•	2	4	7	8	-		5	
COEL (2)									

Matrice n° 2

								9	10
	•	1	4	7	8	-		5	
COEL (3)									

Matrice n° 3

5 - BORDEREAU N° 5 - UTILISATION DES MATRICES D'ELASTICITE DES APPUIS5,1 - DEFINITION DES MATRICES D'ELASTICITE

NBMAT : nombre de matrices d'élasticité

OM (I) : ordre de la matrice n° I (I = 1, NBMAT). Nous rappelons que l'ordre d'une matrice est le nombre de relations linéaires représentées par la matrice.

COEL (I) : coefficients d'élasticité de la matrice n° I (I = 1, NBMAT)

Les matrices d'élasticité sont symétriques. On ne rentre donc que les termes de la matrice triangulaire supérieure ligne par ligne dans l'ordre des colonnes. Pour chaque matrice n° I, le nombre de coefficients est égal à  $OM(I) \times (OM(I) + 1) / 2$ .

Exp : Soit 1 groupe de 4 appuis numérotés 3, 1, 8, 24 dont les déplacements verticaux sont liés par la matrice n° I donnée ci-après :

		Groupe d'appuis J			
Appuis		3	1	8	24
Groupe d'appuis J	3	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$	$\alpha_{14}$
	1	$\alpha_{21}$	$\alpha_{22}$	$\alpha_{23}$	$\alpha_{24}$
	8	$\alpha_{31}$	$\alpha_{32}$	$\alpha_{33}$	$\alpha_{34}$
	24	$\alpha_{41}$	$\alpha_{42}$	$\alpha_{43}$	$\alpha_{44}$

On rentre les coefficients d'élasticité dans l'ordre suivant :

$$\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{14}, \alpha_{22}, \alpha_{23},$$

$$\alpha_{24}, \alpha_{33}, \alpha_{34}, \alpha_{44}$$

$$\text{si } \alpha_{11} = -0,000564 \frac{m}{t}$$

Convention de signes : - déplacement vers le haut  
+ déplacement vers le bas

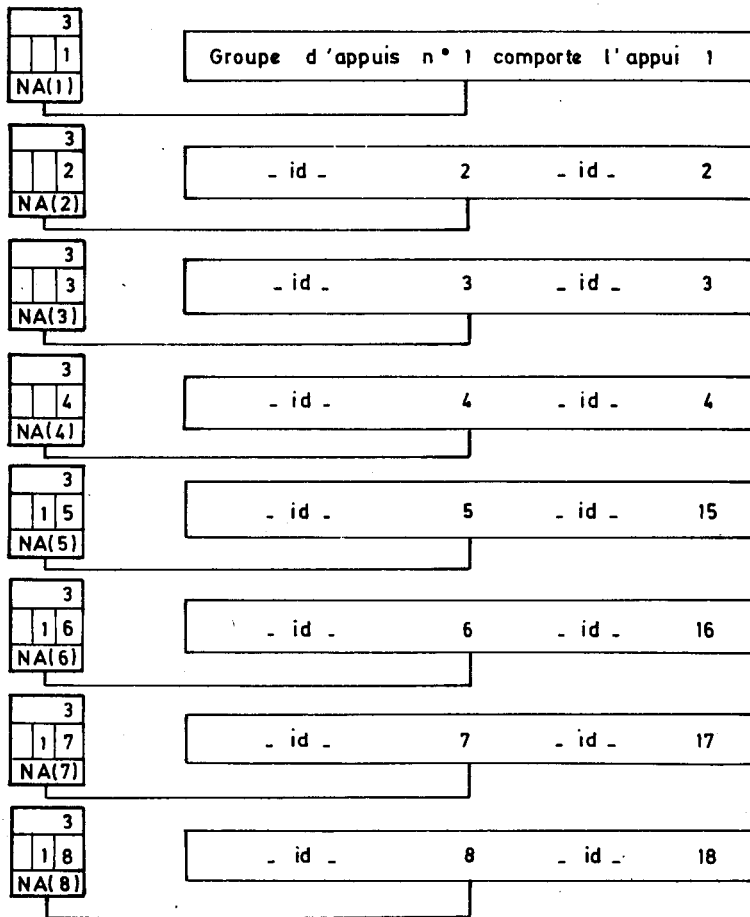
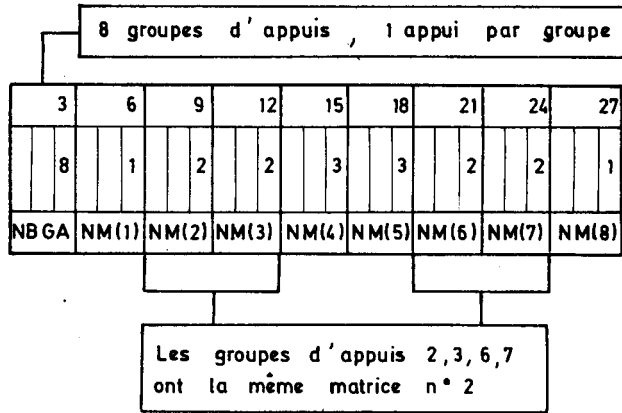
								9	10
-	$\frac{m}{t}$	5	6	4	0	-	0	3	
COEL(I)									

Observations : 1°) On utilise autant de fois qu'il est nécessaire ces cartes pour rentrer tous les coefficients d'élasticité.

2°) On va à la carte pour chaque nouvelle matrice

3°) On décrit les matrices dans l'ordre fixé par l'indice I (I varie de 1 à NBMAT de la donnée OM (I)).

BORDEREAU N° 5 suite ( ILLUSTRATION )



Nota : Dans les cas simples (PIPO sur semelle symétrique cf. dossier PIP0), le bordereau 5 s'avère plus compliqué que le bordereau 4 ; aux quels cas il est conseillé d'utiliser le bordereau 4. Le bordereau 5 est réservé aux cas complexes (PIPO sur semelle non symétrique, dalle appuyée sur des appuis dont les déplacements verticaux sont liés par des relations linéaires complexes : dalle nervurée, entretoisée, dalle appuyée sur pile-marteau, sur pile en V etc...).

## 5,2 - DEFINITION DES APPUIS

NBGA : nombre de groupe d'appuis (un groupe d'appuis est l'ensemble des appuis dont les déplacements verticaux sont liés par un système linéaire représenté par une matrice d'élasticité).

NM (J) : numéro d'ordre de la matrice d'élasticité du groupe d'appuis J ( $J = 1, NBGA$ ). Ce numéro d'ordre est défini par l'indice **I (I varie de 1 à NBMAT) de la donnée OM (I)**.

Observation : Ces cartes permettent de ne décrire qu'une seule fois la matrice d'élasticité au cas où plusieurs groupes d'appuis sont liés par la même matrice.

NA (J) : numéros des appuis appartenant au groupe d'appuis n° J ( $J = 1, NBGA$ )

Observations : 1°) L'ordre dans lequel sont donnés ces numéros doit être le même que celui utilisé dans les cartes définissant COEL (I)

Exp : Prenons l'exemple précédent :

	3	6	9	12
	3	1	8	2 4
	NA(J)	NA(J)	NA(J)	NA(J)

2°) On va à la carte pour chaque nouveau groupe d'appuis.





## 6 - BORDEREAU N° 6 - DENIVELEE DES APPUIS

Ce bordereau n'est joint que si la valeur portée dans la case NATURE (bordereau n° 3 - carte n° 6) est égale à 2 ou 3.

La rédaction de ce bordereau est analogue à celle du bordereau n° 4.

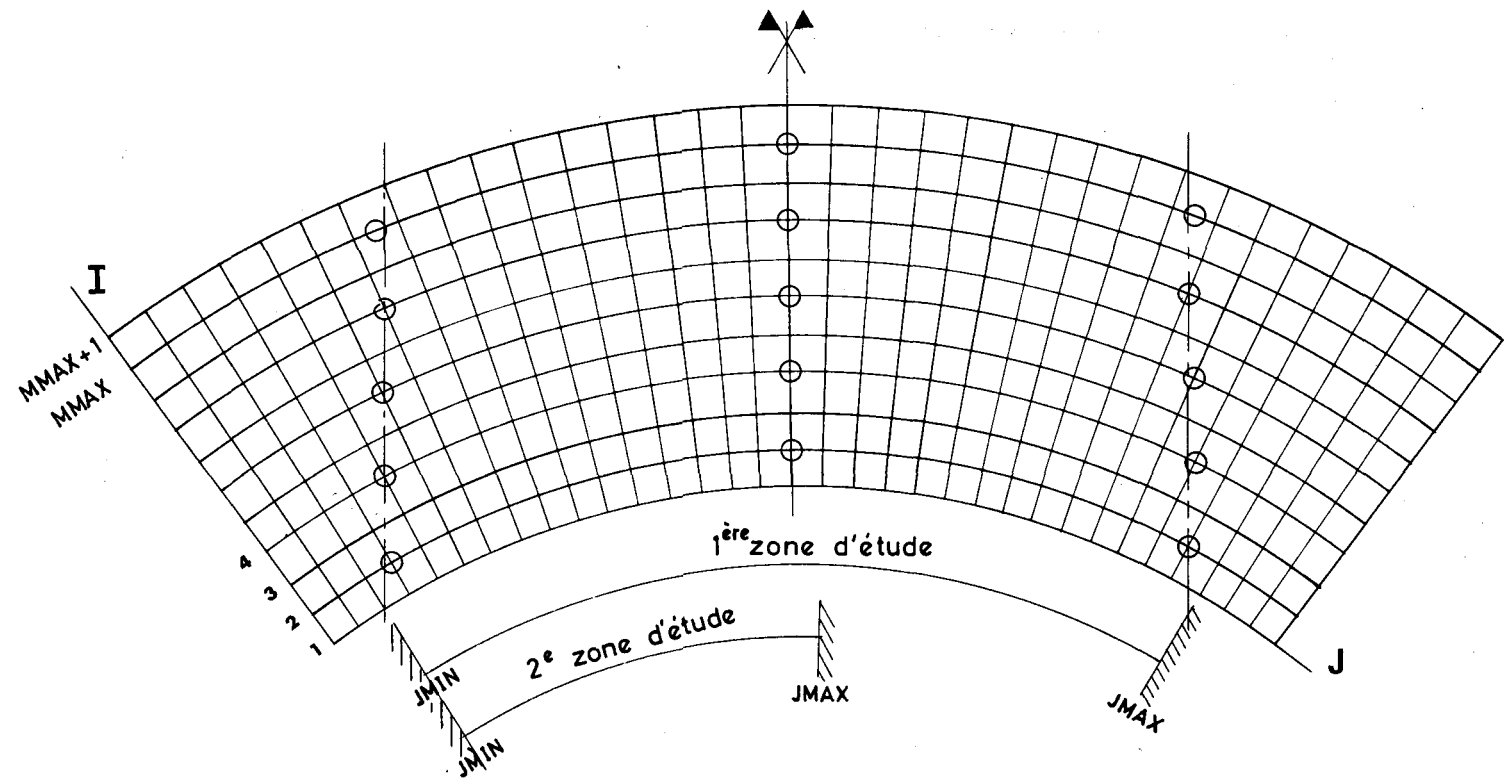
Le signe positif des dénivelées correspond à des dénivellations vers le bas. En conséquence, pour n'avoir que des signes positifs, on prend pour zéro la dénivellation de l'appui qui subit la dénivellation vers le haut la plus grande.

Les efforts de flexion correspondant aux dénivelées des appuis sont calculés avec le module de déformation différée  $E_v$ , tiré de la donnée RIGIDITE :

$$\frac{E_v I}{1 - \nu^2} \quad (\text{cf. bordereau n° 2, carte n° 5}) ;$$

par conséquent, lorsqu'on calculera les efforts de flexion dus à des déformations imposées de courte durée (vérinage du tablier pour changer les appareils d'appui, dénivellation des appuis pour simuler l'effet du gradient thermique, etc...), il faudra multiplier les efforts de flexion donnés par MRB-BP par le rapport  $E_i/E_v$ , soit 3 dans les cas usuels.

## BORDEREAU N° 7 (Illustration)

INTERET DE LA LIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

Cet ouvrage ayant un axe de symétrie, l'utilisateur doit opter pour la 2ème zone d'étude. Une telle limitation de la zone d'étude réduit de façon importante le montant du prix de la note de calcul.

Il est important de signaler que les surfaces d'influence sont calculées avec le module de déformation différé  $E_v$ , déduit de la valeur de la rigidité  $= \frac{E_v I}{1-\nu^2}$  introduite dans la carte n° 5, bordereau n° 2. Par conséquent, si l'utilisateur souhaite utiliser la surface d'influence de déformations pour estimer les flèches sous charges d'exploitation, il conviendra de diviser par 3 les déformées obtenues, car les charges d'exploitation sont de courte durée et  $E_i = 3 E_v$

7 - BORDEREAU N° 7 - DEFINITION DES ETUDES7.1 - ZONE D'ETUDE

JMIN, JMAX = Numéros des lignes de noeuds limitant la zone pour laquelle l'utilisateur demande les résultats; on doit avoir

$$JMAX \leq JMIN + 149$$

7.2 - SURFACES D'INFLUENCE

REAPPUI = Calcul des surfaces d'influence des réactions d'appui, indiquer : 1

En l'absence de calcul, indiquer 0

INFLU = Calcul des surfaces d'influence :

- du déplacement vertical, indiquer : 1

- des moments, indiquer : 2

- du déplacement vertical et des moments, indiquer : 3

En l'absence de calcul, indiquer : 0

LMAX = Si INFLU  $\neq$  0, nombre de points dont l'utilisateur demande le calcul des surfaces d'influence.

Si INFLU = 0, ne rien remplir .

LMAX est au maximum de 30. L'implantation de ces points se fait au bordereau N° 8.

TETA = Direction d'étude des surfaces d'influence de flexion, commune à tous les points. Par exemple, si l'utilisateur désire obtenir les surfaces d'influence des moments suivant les axes de référence (ox et oy), indiquer : 100,00 et ne pas joindre le bordereau N° 9 (cf. convention TETA (L) bordereau N° 9).

Si l'utilisateur fixe pour chaque point la direction d'étude, indiquer 0 et remplir le bordereau N° 8.

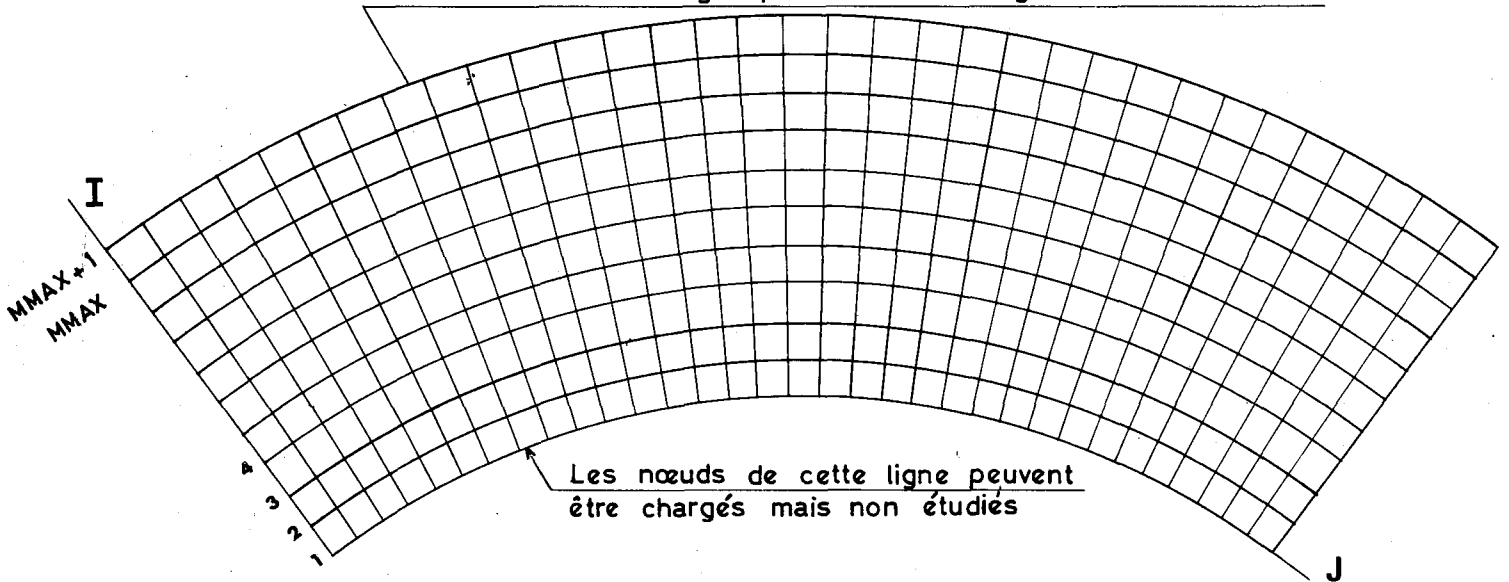
OBJET DES SURFACES D'INFLUENCE

Les surfaces d'influence des points les plus sollicités d'une dalle biaise dont les positions sont indiquées dans les chapitres 1 et 2 de la pièce 0, servent essentiellement à :

- justifier à postériori le programme de charges que l'on a choisi (MRB n'étant pas un programme optimisateur, l'utilisateur doit définir le programme de charges suivant son expérience ou les indications des chapitres 1 et 2 de la pièce 0) ;
- établir le programme d'épreuves et calculer les flèches aux points étudiés pour les différents chargements d'épreuve.

## BORDEREAU N° 7 suite (Illustration)

Les nœuds de cette ligne peuvent être chargés mais non étudiés.



Pour permettre à l'utilisateur de choisir les sorties imprimées à dessiner et de fixer les caractéristiques des dessins (courbes de niveau à représenter dans le cas des surfaces d'influence et du déplacement vertical, échelle des vecteurs représentatifs des contraintes principales et points où l'on désire la représentation graphique, courbes d'isoquantité à représenter dans le cas du ferrailage), la commande du dessin automatique est faite au gestionnaire du programme MRB après consultation des sorties imprimées; cependant pour prévoir la sauvegarde sur fichier des résultats susceptibles d'une représentation graphique, l'utilisateur doit définir dès la commande du calcul électronique la nature des sorties dessinées.

### 7.3 - ETATS DE DEFORMATION

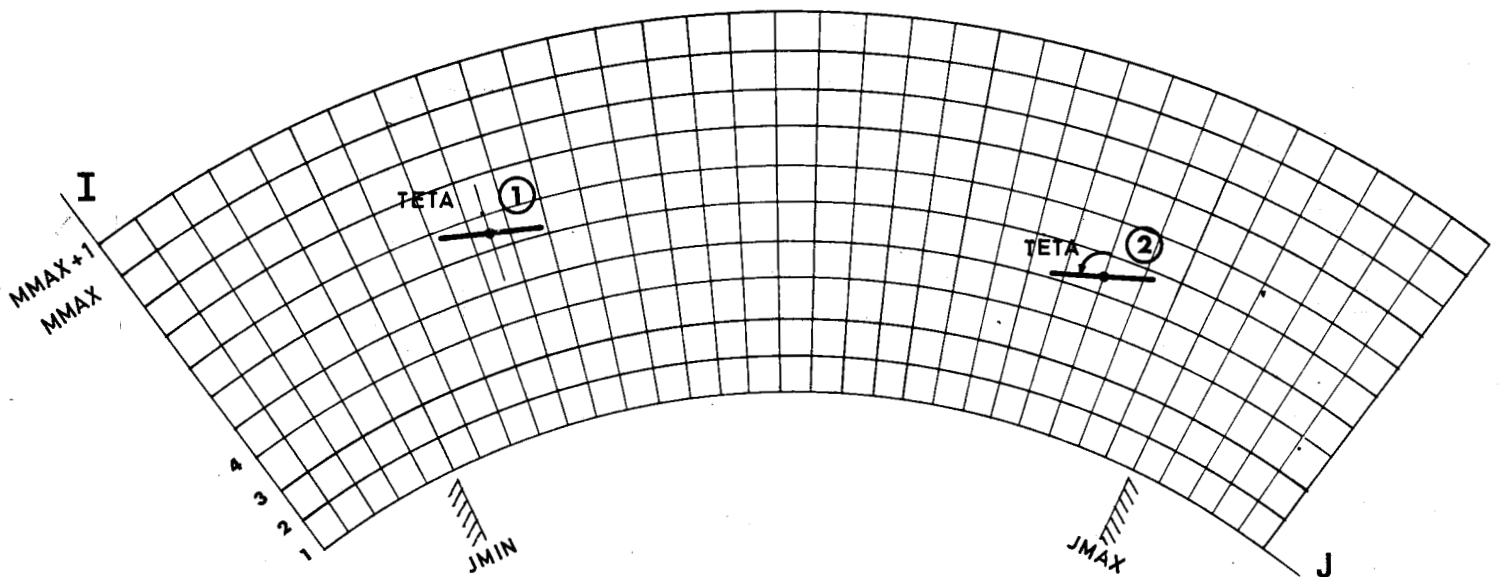
- DIRPAL = Recherche des contraintes suivant les axes de référence.  
indiquer : 0.
- Recherche des contraintes principales et de leurs directions,  
indiquer : 1.
- Pour l'ensemble des deux recherches, indiquer : 2.
- DEFORM = a - calcul du déplacement vertical, indiquer : 1,  
b - calcul des contraintes suivant les axes de référence ou des  
contraintes principales selon la valeur de DIRPAL,  
c - Calcul des contraintes définies précédemment et des efforts  
tranchants principaux avec leurs directions, indiquer : 3,  
d - calcul de a + b, indiquer : 4,  
e - calcul de a + c, indiquer : 5.

### 7.4 - DESSIN AUTOMATIQUE

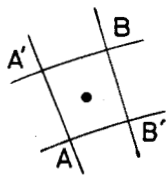
- R = Dessin automatique de surfaces d'influence de réaction d'appui  
(REAPPUI = 1), indiquer : 1.  
En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.
- I = Dessin automatique de surfaces d'influence aux points définis  
au bordereau N° 8 (INFLU ≠ 0), indiquer = 1.  
En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.
- D = Dessin automatique du déplacement vertical ou de l'état de  
contraintes (sous forme de contraintes principales d'où  
DIRPAL ≠ 0) suivant la valeur de DEFORM, indiquer : 1.  
En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.
- F = Dessin automatique des isoquantités de ferrailage, indiquer : 1.  
En l'absence de dessin automatique, indiquer : 0.

## BORDEREAUX N° 8 et 9 (Illustration)

Lorsque le point d'étude n'est pas situé au droit d'un noeud du maillage, on le désigne conventionnellement par le terme de "rectangle" d'étude.

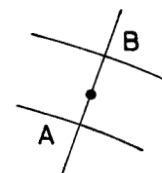


Point d'étude n° 1



$$\begin{aligned} IB &= IA + 1 \\ JB &= JB + 1 \end{aligned}$$

Point d'étude n° 2



$$\begin{aligned} IB &= IA + 1 \\ JB &= JB \end{aligned}$$

L'effet au point d'étude est la moyenne des effets aux noeuds du maillage les plus voisins (noeuds AA' BB' pour le point d'étude N° 1 et noeuds A et B pour le point d'étude N° 2).

### 8 - BORDEREAU N° 8 - IMPLANTATION DES POINTS A ETUDIER

Pour ces données, l'unité employée est la maille.

Ce bordereau n'est joint que si INFLU ≠ 0 (bordereau N° 7)

Le point où l'utilisateur demande le calcul des surfaces d'influence n'est pas placé obligatoirement au droit d'un noeud; il peut être situé sur une ligne (ou une colonne) à mi-distance de deux noeuds ou au centre d'une maille; dans ce cas, on le représente par un rectangle d'étude.

IA(L), IB(L) = Numéros des colonnes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle d'étude L; on doit avoir IB(L) = IA(L) ou IA(L) + 1

JA(L), JB(L) = Numéros des lignes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle d'étude L; on doit avoir JB(L) = JA(L) ou JA(L) + 1

Les numéros doivent vérifier les conditions suivantes :

$$2 \leq \frac{IA(L)}{IB(L)} \leq MMAX$$

$$JMIN \leq \frac{JA(L)}{JB(L)} \leq JMAX$$

### 9 - BORDEREAU N° 9 - DIRECTION D'ETUDE DES SURFACES D'INFLUENCE

Ce bordereau n'est joint que si INFLU ≠ 0 et TETA = 0 (bordereau N° 7)

TETA(L) = Direction du repère orthonormé selon lequel on étudie, au point L, les surfaces d'influence des moments.

Par convention le programme considère en sortie la direction TETA (L) comme "Longitudinale".

$$0 \leq TETA (L) < 200,00 \text{ gr}$$

### 10 - BORDEREAU N° 10 - SURFACE D'INFLUENCE DES REACTIONS D'APPUI

Ce bordereau n'est joint que si REAPPUI = 1 (bordereau N° 7).

Indiquer un 1 dans la colonne correspondant au numéro de l'appui dont l'utilisateur veut étudier la surface d'influence de la réaction d'appui.



## 11 - BORDEREAU N° 11 - CHARGES

### 11.1 - CHARGE PERMANENTE - (CP)

CALCUL = Dans le cas d'une dalle avec encorbellement et si EDALLE (bordereau N° 2 - carte N° 4) est la largeur de la dalle équivalente à la nervure, indiquer : 2 et remplir la deuxième partie du bordereau 15

Dans le cas contraire, indiquer : 1.

### 11.2 - CHARGE A ( $\ell$ ) - (A)

Si NAPLA = 0 (bordereau N° 3), ne pas remplir cette partie et ne pas joindre le bordereau N° 16.

CALCUL = Etude de l'influence de la charge A ( $\ell$ ) - appliquée par bandes qui couvrent une travée ou un couple de travées adjacentes et dont les bords sont parallèles aux bords libres de la dalle - cumulée avec l'effet de la charge permanente et de la précontrainte, indiquer : 2 et remplir le bordereau N° 16.

En l'absence d'étude sous l'influence de A ( $\ell$ ) entrée de façon automatique, indiquer : 0 et ne pas joindre le bordereau N° 16.

### 11.3 - CHARGE DE TYPE Bc - (BC)

CALCUL = Etude de l'influence de la charge Bc entrée de façon automatique et cumulée avec l'effet de la charge permanente et de la précontrainte, indiquer : 2 et remplir le bordereau N° 17.

En l'absence d'étude, indiquer : 0 et ne pas joindre le bordereau N° 17.

### 11.4 - CHARGES RECTANGULAIRES (REC)

CALCUL = Etude de l'influence des charges rectangulaires de rang 1, 2, ..., KR cumulée avec l'effet de la charge permanente et de la précontrainte, indiquer : 2 et remplir les bordereaux N° 18, 19 et éventuellement 20.

En l'absence d'étude, indiquer : 0 et ne pas joindre les bordereaux N° 18, 19 et 20.

### 11.5 - PRECONTRAINTE

L'utilisateur a le choix entre les deux options suivantes :

- tablier précontraint dans deux directions orthogonales, complété dans les angles aigus par un système d'armatures passives parallèles aux armatures actives;
- tablier précontraint dans une direction et armé dans la direction perpendiculaire;

Par convention, une précontrainte unique est toujours qualifiée de longitudinale. Si, en présence d'une double précontrainte, l'une d'elle est parallèle aux bords libres, elle est qualifiée de longitudinale ; sinon, les qualifications de longitudinale et de transversale sont laissées à l'appréciation de l'utilisateur.

LONG = Existence d'une précontrainte longitudinale, indiquer : 1 et joindre la 1ère carte du bordereau n° 13.

TRANS = Existence d'une précontrainte transversale, indiquer : 2 et joindre la 2ème carte du bordereau n° 13.

En l'absence de précontrainte transversale, indiquer : 0 et ne pas joindre la 2ème carte du bordereau n° 13.

#### 11.6 - CLASSE DU PONT-ROUTE

CLASSE = 1, 2 ou 3 suivant que le pont est de première, seconde ou troisième classe. (cf. règlement de surcharges 1971 - article 3).

MODIF = Cette clé permet de conserver après un premier passage les fichiers des effets dus à la charge permanente et aux charges d'exploitation en vue d'une modification de la précontrainte ; aux passages suivants, il suffit de changer les bordereaux concernant les actions horizontales et verticales de la précontrainte, le programme se charge de calculer uniquement les effets de la nouvelle précontrainte et de les cumuler avec les effets (conservés en fichiers) dus à la charge permanente et des charges d'exploitation.

0. On ne conserve pas sur fichier temporaire les résultats du calcul

1. Permet lors d'un premier calcul, la création d'un fichier temporaire (durée de vie normale 1 mois) contenant les résultats du calcul.

2. Permet lors d'un calcul suivant, d'utiliser les résultats déjà acquis.

#### 12 - BORDEREAU N° 12 - FERRAILLAGE PASSIF HORIZONTAL

Par convention, les armatures passives longitudinales sont celles dont les directions sont parallèles à la direction de la précontrainte longitudinale.

Dans les directions de la précontrainte, le programme calcule des sections d'armatures passives horizontales d'appoint.

FER = Calcul des sections théoriques d'armatures passives longitudinales, si elles existent, et transversales.

Pour obtenir les sections enveloppes, indiquer : 1

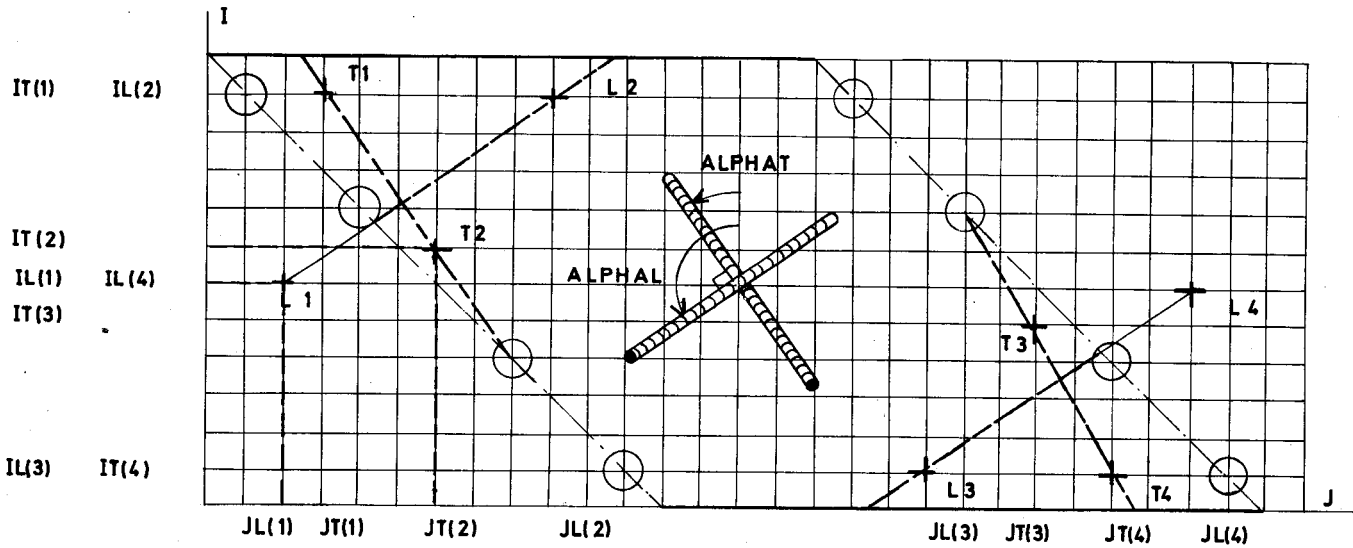
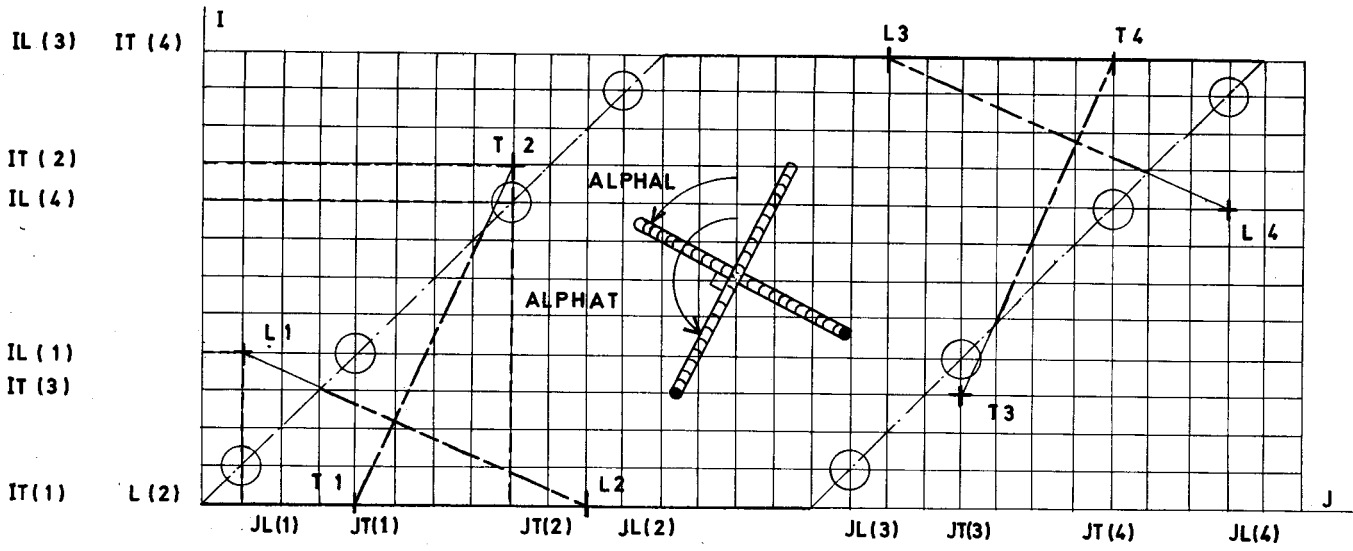
Pour obtenir les sections sous chaque cas de chargement et les sections enveloppes, indiquer : 2.

En l'absence de calcul de ferraillement, indiquer : 0

$\sigma_e$  = Limite d'élasticité nominale des armatures passives.

Usuellement on prend  $\sigma_e = 42000 \text{ t/m}^2$

BORDEREAU N° 13 (Illustration)



### 13 - BORDEREAU N° 13 - ACTION HORIZONTALE DE LA PRECONTRAINTE

Pour une meilleure compréhension des données de ce bordereau, l'utilisateur peut se reporter au dossier-pilote MRB-BP 78 pièce 1.2 § 2.1.5.

#### 13.1 - DEFINITION DE L'ACTION HORIZONTALE DE LA PRECONTRAINTE LONGITUDINALE

Cette carte n'est jointe que si LONG  $\neq$  0 (bordereau n° 11)

- FLP = Force finale en tonnes par mètre linéaire de section de dalle perpendiculaire aux câbles de précontrainte longitudinale selon l'IP1.  
 = Force finale probable en tonnes /ml selon l'IP2

Pour le calcul des contraintes, le programme considère cette force comme constante sur toute la zone intéressée par la précontrainte longitudinale. Après diffusion de la précontrainte ( $\text{tg } \alpha = 2/3$ ) l'effort normal de précontrainte agit sur la section entière de la dalle, la valeur de FLP à introduire en bordereau des données doit être telle que la contrainte N/S au niveau du centre de gravité de la dalle soit la même pour l'ouvrage à calculer et pour le modèle MRB.

- ALPHAL = Direction des armatures de précontrainte longitudinale.

$$0 \leq \text{ALPHAL} < 200 \text{ gr}$$

- IL (I), JL (I) = Numéro de la colonne de noeuds et numéro de la ligne de noeuds qui repère les noeuds L 1, L 2, L 3 et L 4 ; ces noeuds définissent les deux droites qui limitent la zone d'application de la force précontrainte longitudinale, I varie de 1 à 4.

#### 13.2 - DEFINITION DE L'ACTION HORIZONTALE DE LA PRECONTRAINTE TRANSVERSALE

Cette carte n'est jointe que si TRANS  $\neq$  0 (bordereau n° 11)

- FPT = Force finale en tonnes par mètre linéaire de section de dalle perpendiculaire aux câbles de précontrainte transversale selon l'IP1 ;  
 = Force finale probable en tonnes / ml selon l'IP2.

Pour le calcul des contraintes, le programme considère cette force comme constante sur toute la zone intéressée par la précontrainte.

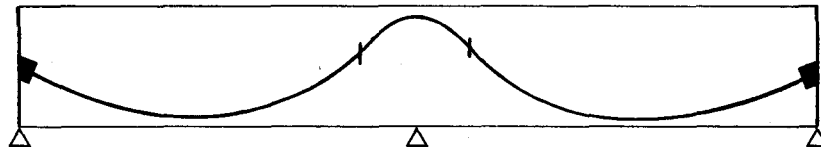
- ALPHAT = Direction des armatures de précontrainte transversale.

$$0 \leq \text{ALPHAT} < 200 \text{ gr}$$

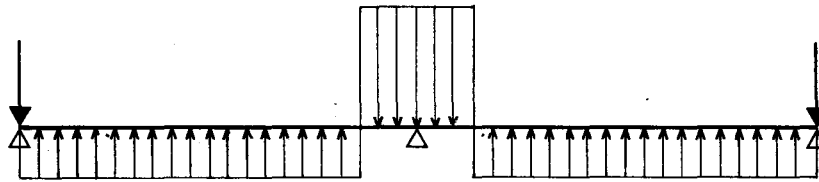
- IT (I), JT (I) = Numéro de la colonne de noeuds et numéro de la ligne de noeuds qui repèrent les noeuds T 1, T 2, T 3 et T 4 ; ces noeuds définissent les deux droites qui limitent la zone d'application de la force de précontrainte transversale, I varie de 1 à 4.

## BORDEREAU N°14 (Illustration)

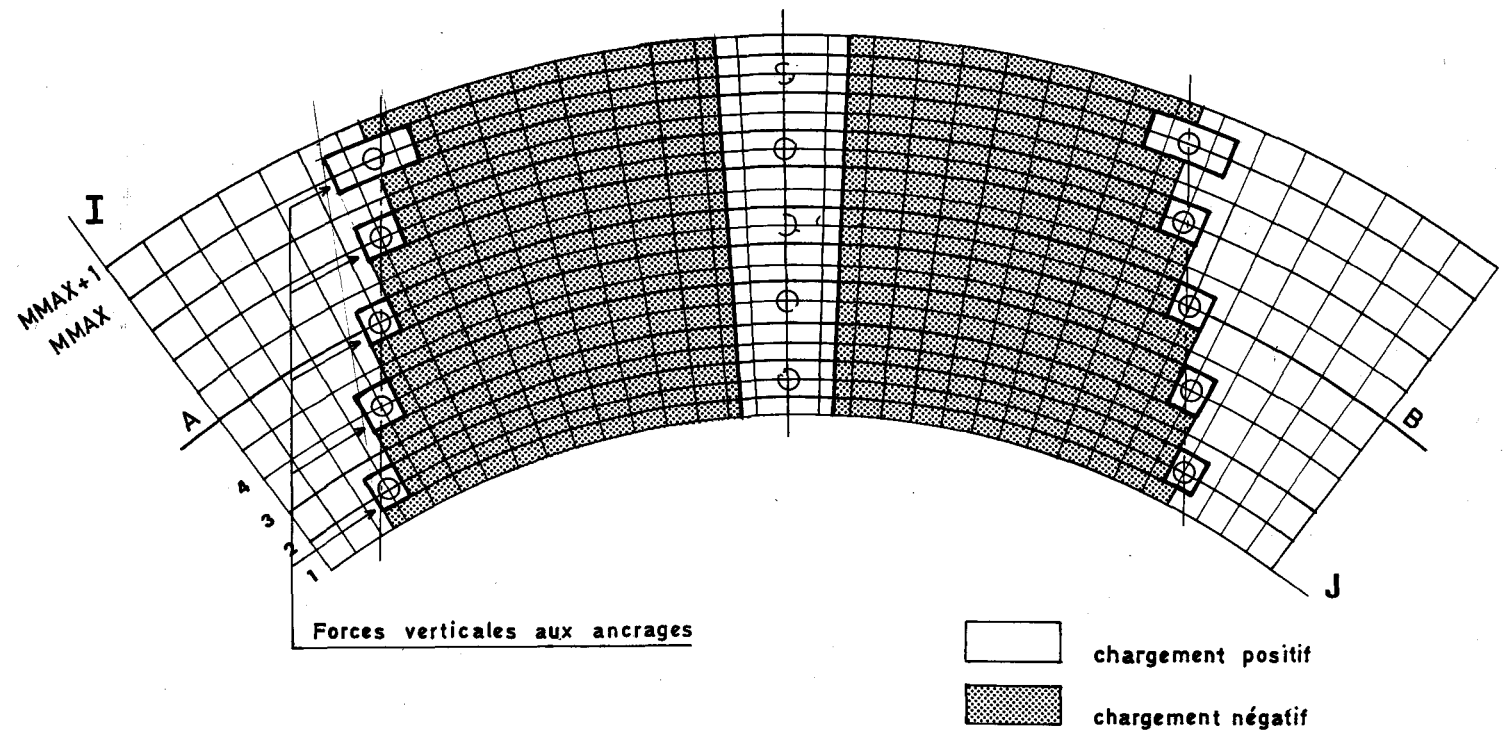
Tracé du câble (coupe AB)



Chargement équivalent à l'action verticale de la précontrainte



Charges rectangulaires introduites dans MRB



Transversalement, l'action verticale de la précontrainte est limitée sur la largeur dans laquelle les câbles sont logés. Par conséquent, si EDALLE ( cf. carte n° 4, bordereau n° 2 ) représente la largeur équivalente à la dalle toute entière, l'action verticale de la précontrainte sera appliquée uniquement sur la largeur correspondant à la nervure.

## 14 - BORDEREAU N° 14 - ACTION VERTICALE DE LA PRECONTRAINTE

L'action verticale de la précontrainte est composée des forces de poussée au vide, des composantes verticales des forces aux ancrages et des couples d'excentrement des ancrages (cf. pièce 1.2 § 2.1.5).

Ce cas de chargement est systématiquement cumulé avec celui généré par CP (cf. bordereau N° 15).

### 14.1 - DEFINITION

NR = Nombre de rectangles envisagés pour simuler l'action verticale de la précontrainte.

CP(I), PREC(I) = Coefficient à appliquer respectivement aux valeurs probables de la charge permanente (cf. bordereau 15) et de la précontrainte (cf. bordereaux 13 et 14) pour obtenir les valeurs caractéristiques des actions dues à la charge permanente et à la précontrainte. I varie de 1 à 2.

L'utilisateur dispose de deux couples de valeurs qui lui permettent d'envisager les deux combinaisons suivantes aux états limites d'utilisation (cf. article 17, IP2) :

CP(1) et PREC(2)  $\Rightarrow$   $S(QL1) + S(P2) =$  valeur caractéristique maximale de la charge permanente (valeur conseillée CP(1) = 1,10) + valeur caractéristique minimale de la précontrainte (valeur conseillée PREC(2) = 0,90).

CP(2) et PREC(1)  $\Rightarrow$   $S(QL2) + S(P1) =$  valeur caractéristique minimale de la charge permanente (valeur conseillée CP(2) = 0,90) + valeur caractéristique maximale de la précontrainte (valeur conseillée PREC(1) = 1,10).

Le cumul de la deuxième combinaison avec les charges d'exploitation n'étant pas défavorable, le programme cumule uniquement la première combinaison avec les charges d'exploitation.

### 14.2 - FORCES VERTICALES DE PRECONTRAINTE

Les noeuds intérieurs à un rectangle doivent avoir la même charge et nous admettons que le chargement équivaut à une charge uniformément répartie sur la surface du rectangle.

IA(N), IB(N) = Numéros des colonnes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle n° N ; on doit avoir IB(N)  $\geq$  IA(N).

JA(N), JB(N) = Numéros des lignes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle n° N ; on doit avoir JB(N)  $\geq$  JA(N).

Les noeuds chargés peuvent appartenir aux bords libres de la dalle (IA ou IB = 1 et IA ou IB = MMAX + 1) et ne sont pas obligatoirement intérieurs à la zone d'étude définie par JMIN et JMAX (cf. bordereau n° 7).

CHARGE = Charge totale en tonnes, appliquée au rectangle.

Dans le cas où d'une part, la précontrainte longitudinale est parallèle aux bords libres et d'autre part EDALLE (Cf. carte n° 4, bordereau n° 2) est la dalle équivalente à la nervure seule (cas des dalles avec encorbellements), l'action verticale de la précontrainte est répartie dans la limite de la nervure (les câbles ne peuvent pas être logés dans les encorbellements) ; par conséquent, la charge de poussée au vide doit être calculée avec la force de précontrainte totale qui a été dimensionnée pour la dalle équivalente à la dalle toute entière.

Chaque carte permet de décrire les rectangles de chargement. Utiliser autant de cartes qu'il est nécessaire pour décrire les NR rectangles.

Si, les 4 cartes prévues sur le bordereau n° 14 sont insuffisantes, utiliser le bordereau n° 20 autant de fois qu'il est nécessaire.

## BORDEREAU N° 15 (Illustration)

Soient  $T$  et  $M$  respectivement l'effort tranchant et le couple d'encastrement (comptés par ml de longueur) dus à l'encorbellement.

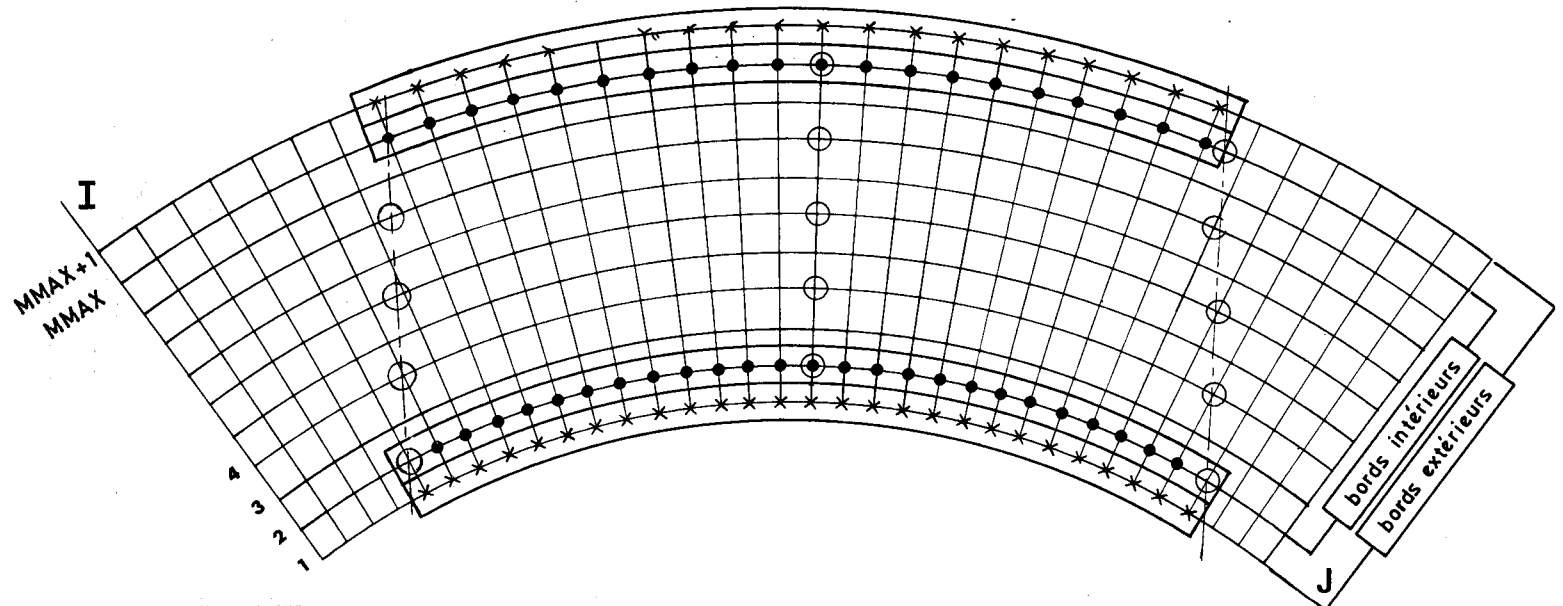
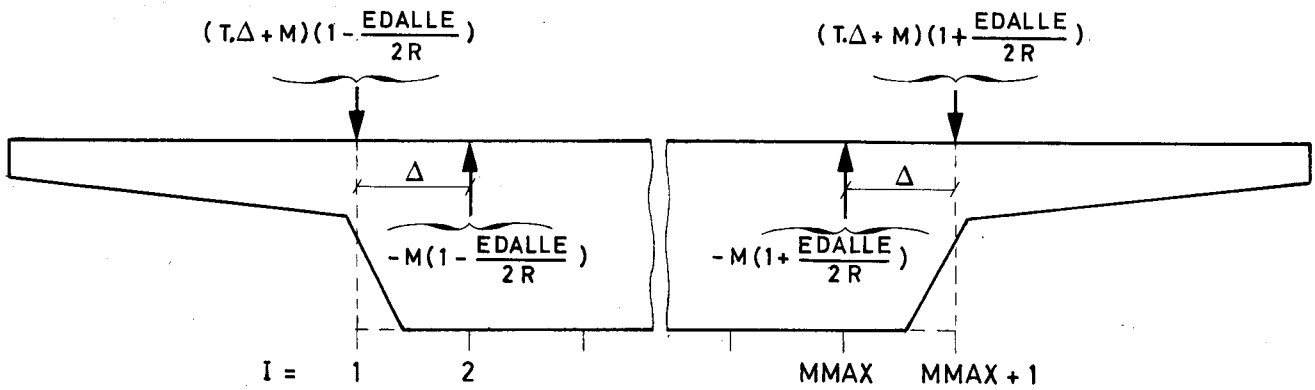
L'effort tranchant est introduit en appliquant aux noeuds des bords libres la charge :

$$T \cdot \Delta \cdot \left( 1 + \varepsilon \frac{EDALLE}{2R} \right) \text{ avec } \varepsilon = \begin{cases} -1 & \text{pour le bord intérieur} \\ 1 & \text{pour le bord extérieur} \end{cases}$$

et où  $\Delta = \frac{EDALLE}{M_{MAX}}$  = largeur de la maille

Le couple d'encastrement est introduit par une distribution de deux forces égales et opposées distantes d'une maille transversalement qui conduit à appliquer aux noeuds du voisinage des bords libres la charge :

$$\pm M \cdot \left( 1 + \varepsilon \frac{EDALLE}{2R} \right) \text{ avec } \varepsilon = \begin{cases} -1 & \text{pour le bord intérieur} \\ 1 & \text{pour le bord extérieur} \end{cases}$$



- × charge positive (Effort tranchant + force due au couple d'encastrement)
- charge négative (force due au couple d'encastrement)

**NOTA :** Dans le cas des ponts-dalles courbes, les symboles × et • n'ont qu'une signification qualitative (charge positive ou négative) car les noeuds ont des charges différentes selon qu'ils sont situés sur le bord intérieur ou sur le bord extérieur de la dalle.



## 15. - BORDEREAU N° 15 - ACTIONS DE LA CHARGE PERMANENTE

### 15.1 - DENSITE DE LA CHARGE REPARTIE

CP (t/m<sup>2</sup>) = Densité de la charge permanente totale, superstructures et somme à valoir comprises si EDALLE est la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle dans sa totalité (cf. bordereau n° 2).

Densité de la charge permanente, superstructures et somme à valoir comprises, de la dalle équivalente à la nervure si EDALLE est la largeur de la dalle équivalente à la nervure uniquement. La partie de la charge permanente, superstructures, corniches, garde corps, etc... en console par rapport à la dalle équivalente à la nervure doit être simulée par un effort tranchant et un couple comme indiqué dans le paragraphe suivant.

### 15.2 - SIMULATION DE L'EFFET DES ENCORBELLEMENTS

D'une façon générale, ce bordereau permet de simuler toute charge permanente non uniformément répartie sur la totalité du modèle MRB ; ce chargement est cumulé avec la charge permanente uniforme introduite par CP (cf. § 15.1).

Si EDALLE (bordereau n° 2 - carte n° 4) est la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle dans sa totalité, on suppose les superstructures uniformément réparties.

Si la dalle est à larges encorbellements (largeur chargeable  $\geq$  largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle élargie de 5 % de part et d'autre), l'utilisateur doit rentrer dans EDALLE (bordereau n° 2 - carte n° 4) la largeur de la dalle équivalente à la nervure et introduire à l'aide de ce bordereau l'effet des encorbellements. En effet, si dans un tel cas, l'utilisateur rentre dans EDALLE la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle, la conséquence la plus grave de ce choix est la sous-estimation des sections d'armatures transversales supérieures car le programme ne tient pas compte de l'effet des encorbellements.

Les encorbellements se comportent comme des consoles encastrées dans la nervure, leur poids propre et les superstructures qu'ils supportent sont simulés par un couple et un effort tranchant appliqués sur les bords libres de la dalle MRB.

Que EDALLE soit la largeur de la dalle équivalente à la dalle réelle ou à la nervure uniquement, l'utilisateur doit dimensionner les armatures passives des encorbellements (utiliser par exemple la pièce 1.5 du dossier-pilote PSI-DP 78 ou le Bulletin technique n° 1 "Calculs des hourdis de pont").

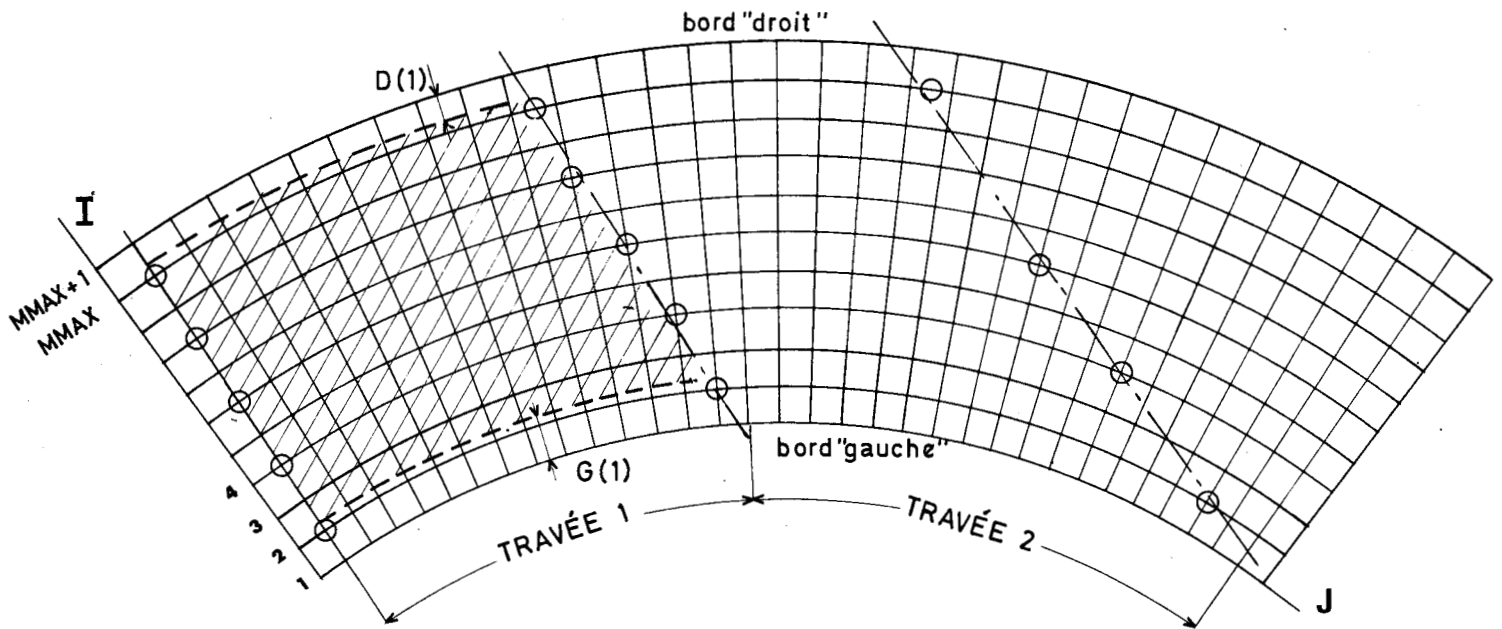
#### 15.2.1 - NOMBRE DE RECTANGLES

NR = Nombre de rectangles nécessaires aux actions locales de la charge permanente.

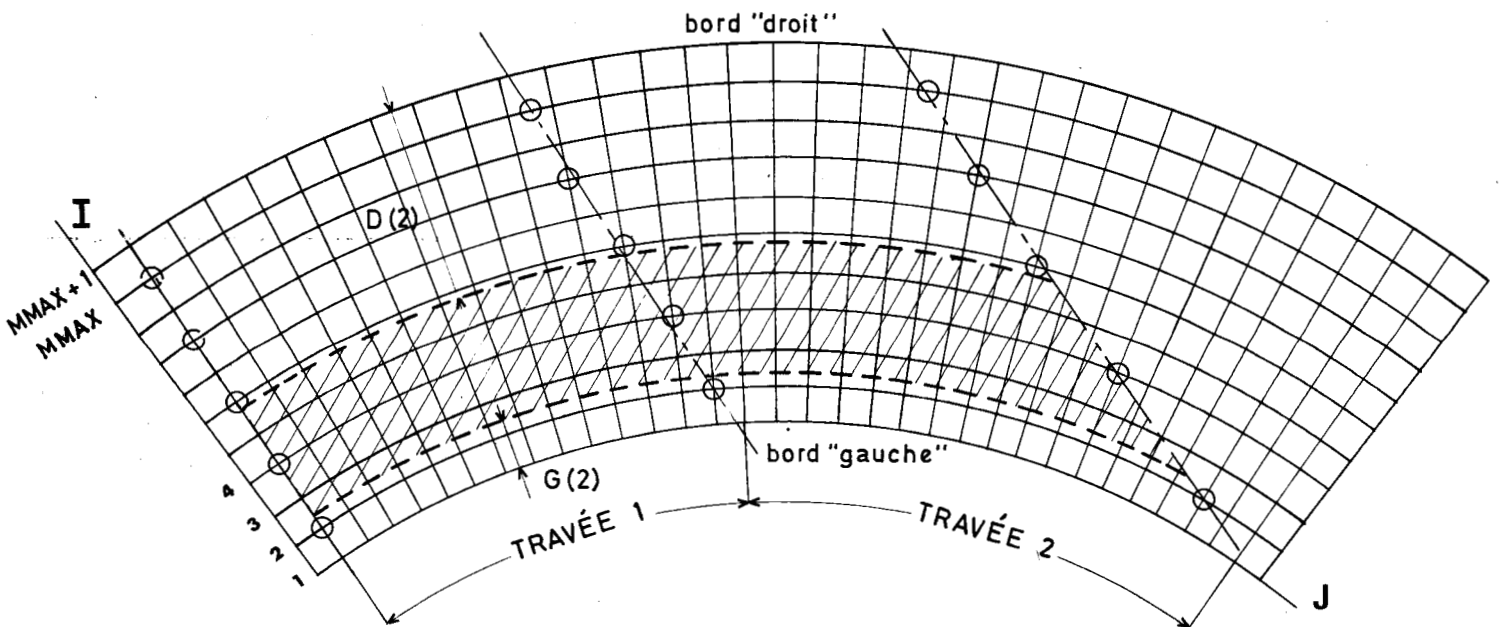
#### 15.2.2 - DEFINITION DES RECTANGLES

Les actions locales de charges permanentes sont définies par des rectangles du même type que ceux utilisés pour les cas de charges rectangulaires (cf. bordereau n° 19).

## BORDEREAU N° 16 (Illustration)



Travée 1 chargée sur la largeur n°1



Travée 1+2 chargées sur la largeur n°2

Pour une charge disposée en damier l'utilisateur doit obligatoirement simuler la charge  $A(\ell)$  par des charges rectangulaires.

16 - BORDEREAU N° 16 - CHARGE A (ℓ)

Ce bordereau n'est joint que si CALCUL relatif à A (ℓ) (bordereau n° 11) et NAPLA (bordereau n° 3, carte n° 6) sont différents de 0.

A la différence des ponts-types, l'utilisateur doit définir dans ce bordereau des cas de charges A (ℓ). Pour un choix judicieux de ces cas, l'utilisateur peut s'inspirer des indications relatives aux programmes de charges-types donnés dans les chapitres 1 et 2 de la pièce 0.

La densité de la charge A (ℓ) appliquée par le programme est conforme au fascicule 61 - titre II du CPC de 1971. Le programme tient compte des coefficients  $a_1$  et  $a_2$  définis à l'article 4,2 à l'aide des paramètres ESURCH (bordereau n° 2), CLASSE (bordereau n° 11) et des largeurs chargées (cf. § 16.1)

16.1 - LARGEURS CHARGEES

G, D = Etant donné la largeur chargée de rang K, G (K) représente la distance en mètres du bord gauche de la bande chargée au bord libre gauche de la dalle et D (K) représente la distance en mètres du bord droit de la bande chargée au bord libre droit de la dalle.

Lorsque les largeurs chargées dépassent EDALLE (cf. bordereau 2, carte n° 4) du côté gauche, il faudra ajouter un signe - devant la valeur de G ; de même si les largeurs chargées dépassent EDALLE du côté droit (-D).

16.2 - TRAVEES CHARGEES

Cases 1, 2, 3, 4, 5 = Numéro de travée.

Cases 1+2, 2+3  
3+4, 4+5 = Numéro du couple de travée adjacentes.

Pour chaque travée ou couple de travées adjacentes chargée, l'utilisateur doit indiquer dans la case correspondante le numéro de code défini ci-après :

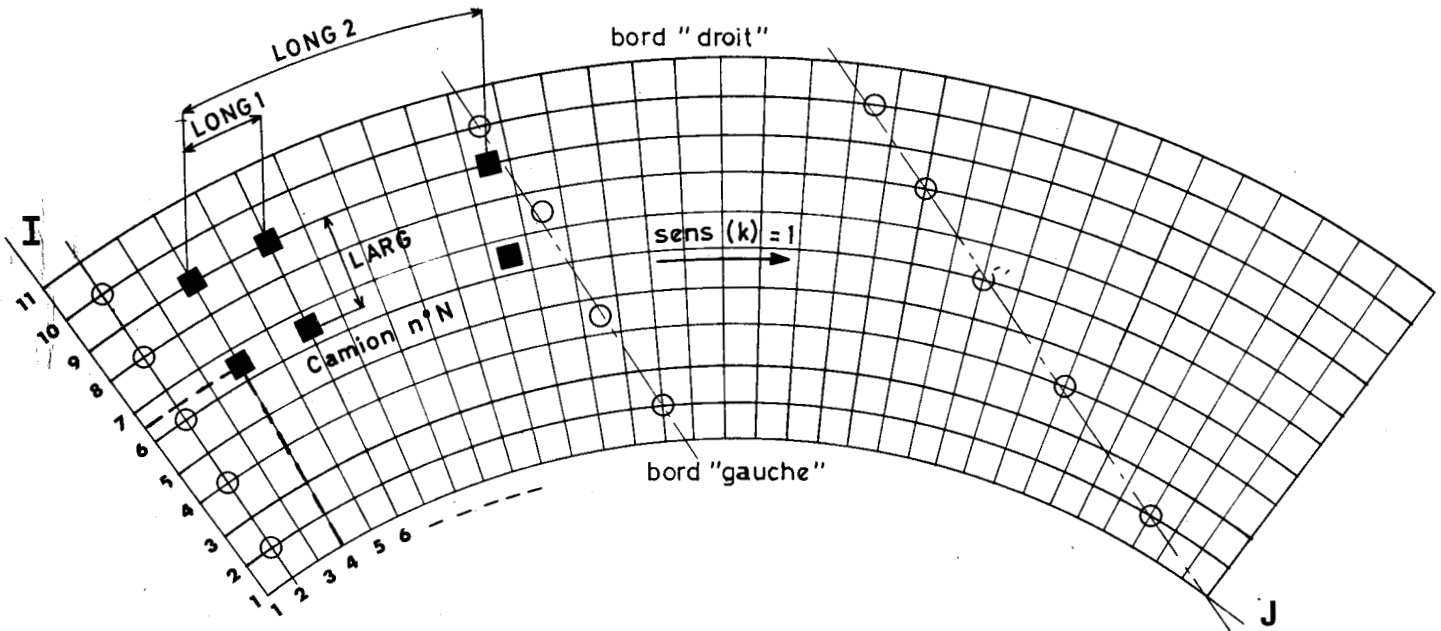
Numéros des largeurs chargées	1	2	3	4	1 et 2	1 et 3	1 et 4	2 et 3	2 et 4	3 et 4	1,2 et 3	1,2 et 4	1,3 et 4	2,3 et 4	1,2 et 3 et 4
N° de code	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15

Si aucune charge A (ℓ) n'est prévue sur une travée ou sur un couple de travées adjacentes, le numéro de code est 00.

## BORDEREAU N° 17 (Illustration)

Les roues du camion ne sont pas placées obligatoirement au droit d'un noeud; elles peuvent être situées sur une ligne (ou une colonne), à mi-distance de deux noeuds ou au centre d'une maille.

Les roues du camion peuvent être positionnées sur les bords libres de la dalle et ne sont pas obligatoirement à l'intérieur de la zone d'étude définie par JMIN et JMAX (cf. bordereau N° 7).



Exemple : EDALLE = 8,00 m MMAX = 10

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{LARG} = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ soit } 2 \text{ mailles } 1/2 \\ \text{LONG 1} = \frac{15}{8} = 1,875 \text{ soit } 2 \text{ mailles} \\ \text{LONG 2} = \frac{60}{8} = 7,5 \text{ soit } 7 \text{ mailles } 1/2 \end{array} \right.$$

avec IA (N) = 6 , IB (N) = 7 et JA (N) = JB (N) = 4

17 - BORDEREAU N° 17 - CHARGE Bc

Ce bordereau n'est joint que si CALCUL relatif à Bc (bordereau n° 11) diffère de 0. Il s'agit ici d'une charge qui peut représenter l'adaptation des camions réglementaires au maillage, mais qu'on peut également choisir très différents.

17.1 - DEFINITION DES CONVOIS

- LARG = Distance en mailles entre les axes des roues arrières du camion Bc ; en général, on adopte :  

$$\text{LARG} = \text{multiple de } 0,5 \text{ le plus proche de } \left( 2,00 \times \frac{\text{MMAX}}{\text{EDALLE}} \right)$$
- LONG 1 = Distance en mailles entre les deux essieux arrières du camion Bc ; en général, on adopte :  

$$\text{LONG 1} = \text{multiple de } 0,5 \text{ le plus proche de } \left( 1,50 \times \frac{\text{MMAX}}{\text{EDALLE}} \right)$$
- LONG 2 = Distance en mailles entre les essieux extrêmes du camion Bc ; en général, on adopte :  

$$\text{LONG 2} = \text{multiple de } 0,5 \text{ le plus proche de } \left( 6,00 \times \frac{\text{MMAX}}{\text{EDALLE}} \right)$$
- POIDS = Poids en tonnes d'une roue arrière du camion Bc majoré du coefficient de majoration dynamique calculé pour la charge Bc maximale que peut supporter le tablier ; le poids d'une roue avant est pris par le programme égal à  $\frac{\text{POIDS}}{2}$ .
- KB = Nombre de cas de charge Bc ( $\text{KB} \leq 5$ )
- NC (K) = Nombre de camions envisagés dans le cas de charge Bc de rang K, K variant de 1 à KB ( $\text{NC (K)} \leq 12$ ).
- NFILE (K) = Nombre de files de camions. Ce paramètre concomitamment avec CLASSE (bordereau n° 11) permet au programme de déterminer le coefficient  $b_c$  (cf. fascicule 61 - titre II - article 5.22, 1971) et de multiplier par ce coefficient les charges Bc données par "POIDS".  
 K varie de 1 à KB  
 Porter 0 si l'on souhaite que le programme ne fasse pas application du coefficient  $b_c$  : par exemple, pour un calcul suivant le programme de charges 1960 ou certains règlements étrangers.
- SENS (K) = Sens de circulation des camions du cas de charge Bc de rang K, K variant de 1 à KB  
 De gauche à droite, indiquer : 1  
 de droite à gauche, indiquer : 2

17.2 - DEFINITION DES CAMIONS PAR CAS DE CHARGE

Chaque cas de charges K doit débiter en tête d'une carte.

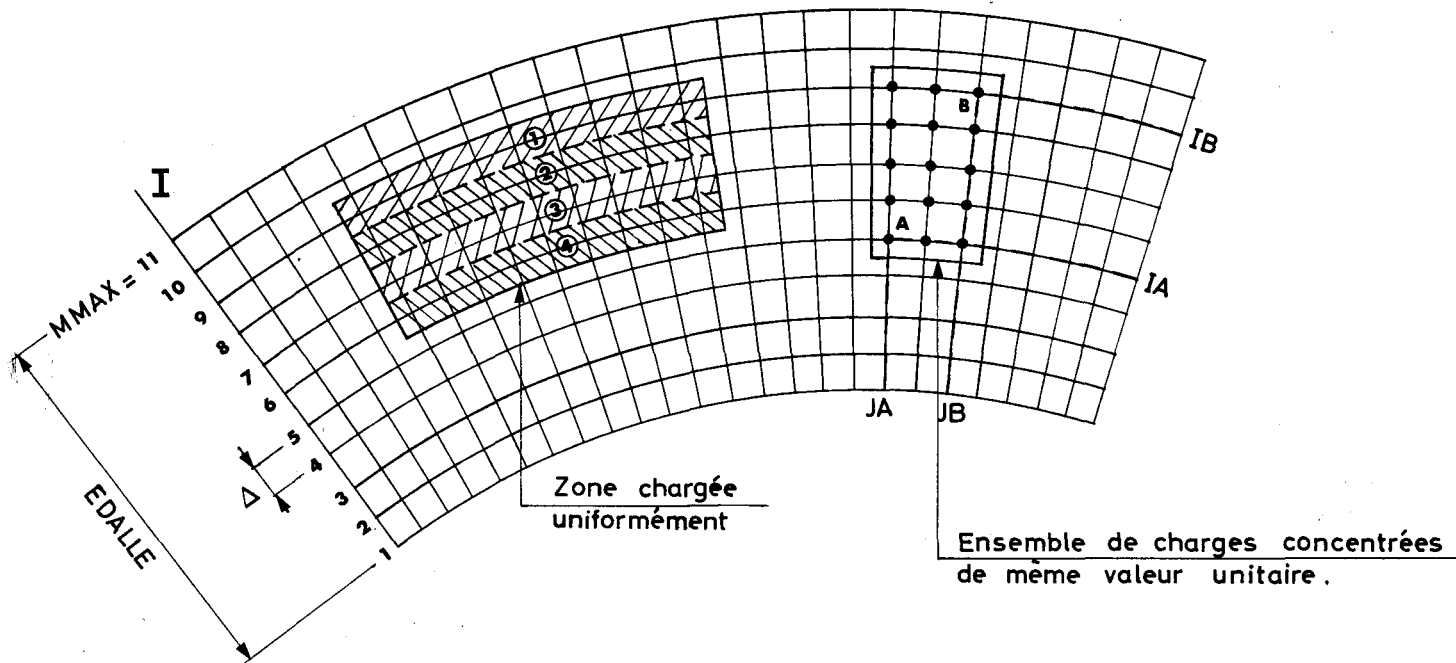
IA (N), IB (N) = Numéros des colonnes de noeuds qui encadrent le centre de l'impact de la roue la plus proche du bord "gauche" de la dalle de l'essieu le plus arrière du camion de rang N, N variant de 1 à NC (K) ;

On doit avoir  $IB (N) = IA (N)$  ou  $IA (N) + 1$ .

JA (N), JB (N) = Numéros des lignes de noeuds qui encadrent le centre de l'impact de la roue la plus proche du bord "gauche" de la dalle de l'essieu le plus arrière du camion de rang N, N variant de 1 à NC (K) ;

On doit avoir  $JB (N) = JA (N)$  ou  $JA (N) + 1$ .

## BORDEREAU N° 18 (Illustration)



Pour simuler une charge uniformément répartie sur un pont courbe, l'utilisateur doit théoriquement employer un rectangle par colonne; la charge commune en tonnes de chaque noeud de la colonne de rang I est donnée par la formule :

$$p \cdot \Delta^2 \left\{ 1 + \left[ I - \left( \frac{M_{MAX}}{2} + 1 \right) \right] \cdot \frac{\Delta}{R} \right\}$$

avec  $p$  = densité de la charge en  $t/m^2$

$\Delta$  = largeur de la maille en mètres  $\left( \Delta = \frac{EDALLE}{M_{MAX}} \right)$

$R$  = rayon en mètres du cercle définissant l'axe longitudinal de la dalle.

Chaque rectangle élémentaire ① ② ③ et ④ de la zone chargée uniformément est défini comme un ensemble de charges concentrées de même valeur unitaire.

Dans la pratique, si la largeur de la maille est petite par rapport au rayon de l'ouvrage et si la "charge rectangulaire" est employée pour représenter une charge effectivement rectangulaire telle que les chenilles du char ou le convoi exceptionnel, on ne tiendra pas compte ni de la correction indiquée ci-dessus ni de la courbure de la "charge rectangulaire" représentant la charge à étudier.

18 - BORDEREAU N° 18 - CHARGES RECTANGULAIRES

Le bordereau n'est joint que si CALCUL relatif à REC (bordereau N° 11) diffère de 0.

Les charges rectangulaires sont normalement utilisées pour représenter les efforts dus au char ou à un convoi exceptionnel.

Le programme multiplie la valeur des charges rectangulaires par le coefficient PONDER (cf. bordereau N° 2 carte N° 5); ainsi, en général, pour représenter le char, la charge à introduire est le poids du char divisé par PONDER et multiplié par le coefficient de majoration dynamique pour tenir compte de la non pondération de la charge militaire.

KR = Nombre de cas de surcharges rectangulaires ( $KR \leq 20$ ).

19 - BORDEREAU N° 19 - CAS DE CHARGES RECTANGULAIRES N° K19.1 - NOMBRE DE RECTANGLES

NR = Nombre de rectangles envisagés dans le cas de charge de rang K, K variant de 1 à KR ( $NR \leq 150$ ).

19.2 - DEFINITION DES RECTANGLES

Les noeuds intérieurs à un rectangle doivent avoir la même charge et nous admettons que le chargement équivaut à une charge uniformément répartie sur la surface du rectangle.

IA(N), IB(N) = Numéros des colonnes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle N° N; on doit avoir  $IB(N) \geq IA(N)$ .

JA(N), JB(N) = Numéros des lignes de noeuds extrêmes qui limitent le rectangle N° N; on doit avoir  $JB(N) \geq JA(N)$ .

Les noeuds chargés peuvent appartenir aux bords libres de la dalle ( $IA$  ou  $IB = 1$  et  $IA$  ou  $IB = MMAX + 1$ ) et ne sont pas obligatoirement intérieurs à la zone d'étude définie par  $JMIN$  et  $JMAX$  (cf. bordereau N° 7).

CHARGE(N) = Charge totale en tonnes, appliquée au rectangle N° N, majorée éventuellement du coefficient de majoration dynamique.

Si le rectangle de rang N représente l'application d'une charge autre que les charges A et B, l'utilisateur ne doit pas omettre de minorer CHARGE(N) de la valeur de PONDER (cf. bordereau N° 2 - carte N° 5).

Le nombre N de cartes nécessaires pour introduire un cas de charges rectangulaires de NR rectangles est tel que :

$$4(N - 1) < NR \leq 4N$$



