

VEP 77

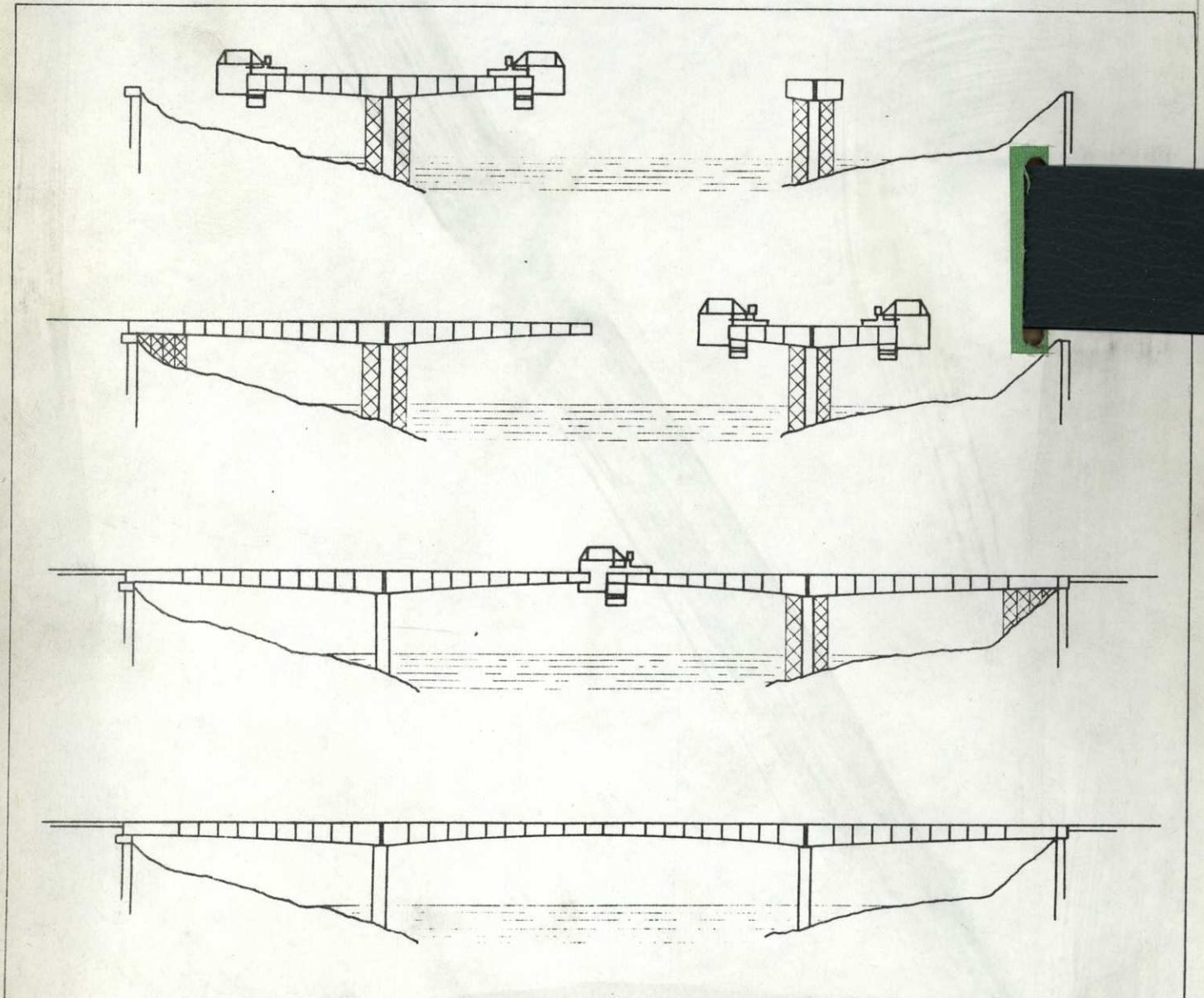
SETRA

DIVISION DES
OUVRAGES D'ART A

SYSTEME DE VERIFICATION

DE POUTRES EN BETON PRECONTRAIN

CONSTRUITES PAR ENCORBELLEMENT



SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES

46 Avenue A. BRIAND
B.P. 100 92 223 BAGNEUX

Tel : 655.42.42

Telex : 260763 SETRA BAGNX

VEP 77

SOMMAIRE

Pièce 1	Présentation du système
Pièce 2	Commentaire des bordereaux de données
Pièce 3	Bordereaux de données
Pièce 4	Exemple type
Pièce 5	Analyse du système
Sous dossier 6	Module APPUIS

SYSTÈME RÉALISÉ
SOUS LA DIRECTION
DE

M. LE FRANC Ingénieur en Chef des P. et C.
Chef de la DOA A

PAR

M. THÉNOZ Ingénieur en Chef des P. et C.
Chef du Centre de Calculs

AVEC LA PARTICIPATION
DE

M. TU DIEN AU Ingénieur Civil des P. et C.

EXPLOITATION ET MAINTENANCE
ASSURÉES SOUS LA DIRECTION
DE

M. THÉNOZ

PAR

L. GRENET Ingénieur I.N.S.A.
J.P. MIGLIORE Ingénieur E.T.P.

VEP 77

SETRA

SYSTEME DE VERIFICATION

DIVISION DES
OUVRAGES D'ART A

DE POUTRES EN BETON PRECONTRAIT CONSTRUITES PAR ENCORBELLEMENT

Présentation du Système

PIECE n° 1

PRESENTATION DU SYSTEME

V.E.P. 77

I - OBJET DU SYSTEME

I.1 - Problème traité :

Le système V.E.P. 77 est destiné à vérifier une poutre en béton précontraint construite par encorbellements successifs reposant sur appuis élastiques. Il recherche et indique si la poutre satisfait ou non aux prescriptions de l'instruction provisoire du 12 Août 1965 annexée à la circulaire n° 44 datée du même jour de Monsieur le Ministre des Travaux Publics et des Transports modifiée par la circulaire du 23 Avril 1974.

Le système tient compte de la circulaire du 2 Avril 1975 :

- Redistribution forfaitaire d'efforts internes par fluage.
- Etude des gradients thermiques.
- Câbles de continuité non pris en compte dans les première et dernière sections de calcul traversées (sauf indications contraires apparaissant en clair dans la note de calculs).

Par contre, les efforts internes secondaires ne sont pas étudiés :

- Flexion des hourdis supérieur et inférieur.
- Contraintes dues à la diffusion de la précontrainte et ferrailage correspondant.

Les poutres ainsi construites sont en général des caissons ; le système permet de traiter le cas de caissons ayant jusqu'à 3 évidements (c'est-à-dire 4 âmes). Dans le cas de poutres pleines (par exemple tablier comportant deux nervures) l'utilisateur doit prendre contact avec le gestionnaire du système.

En ce qui concerne les travées de rive, trois cas sont prévus :

- Chaque travée de rive est formée de deux consoles, l'une d'elles étant encastrée sur culée,
- Chaque travée de rive est entièrement coulée sur cintre et décintrée avant la construction en encorbellement de la console adjacente,
- Chaque travée de rive comporte une partie coulée sur cintre et une partie construite en encorbellement.

L'utilisateur doit définir complètement la poutre à vérifier. Le système fournit les efforts internes et contraintes et effectue les vérifications réglementaires aux diverses phases de la construction en un certain nombre de sections de calcul :

.../...

- les limites de voussoirs
- les sections sur appuis
- celles de vérification à l'effort tranchant
- les sections choisies par l'utilisateur dans les parties coulées sur cintre.

1.2 - Indications générales sur les données à fournir, niveau des prestations

Les prestations du système V.E.P. peuvent être fournies à deux niveaux :

- Au niveau B c'est l'utilisateur qui remplit les bordereaux de données conformément aux indications de la pièce 2 et de la pièce 6.2 s'il y a lieu.

Il devra alors définir :

- le coffrage de la poutre,
- son câblage,
- les caractéristiques des matériaux utilisés : béton, câbles de précontrainte, aciers pour étriers...
- le mode de construction et le calendrier de coulage,
- l'ordre de clavage des travées et les changements d'appuis,
- les systèmes d'appuis.

Le coffrage est défini par les coordonnées des sommets du polygone qui épouse le contour de chaque section ; chaque évidement intérieur est défini de la même façon ; cependant pour diminuer le nombre de données à fournir, il est prévu de définir pour l'ouvrage une seule section en entier ; les autres sections étant définies par les variations de coordonnées des sommets des polygones (le nombre de données est diminué car certaines données ne varient pas et d'autres varient de la même quantité : cas de la cote des points bas de la poutre).

En ce qui concerne les câbles, il peuvent être définis :

- soit par points,
- soit au moyen de quelques données comprenant les angles d'entrée et de sortie quand le câble a un tracé standard : un segment de droite médian encadré de deux paraboles, elles-mêmes prolongées par des segments de droite.
- soit de façon analogue pour un câble parallèle à l'intrados dans sa partie médiane.

Les systèmes d'appuis interviennent dans les calculs par un certain nombre de coefficients de souplesse définis dans la pièce 6 - 1
Ils peuvent être fournis directement ou calculés au moyen de quelques données définissant les piles et leur fondation.

- Au niveau C c'est le gestionnaire du programme qui se charge de remplir les bordereaux de données.

L'utilisateur doit alors fournir en deux exemplaires un plan de câblage suffisamment précis pour que la mesure directe des longueurs sur celui-ci n'entraîne pas d'erreurs susceptibles de fausser le traitement. Le Centre de Calculs des Ouvrages d'Art se charge alors du relevé des câbles point par point au moyen d'un lecteur de plan.

L'utilisateur doit encore fournir un plan de coffrage (tablier et systèmes d'appuis) permettant l'acquisition des données géométriques de l'ouvrage et définir les données complémentaires permettant au Centre de Calculs de remplir le reste des bordereaux de données. On trouvera dans l'annexe I de la pièce 2 la liste des renseignements nécessaires à cette opération.

1.3 - Limitations diverses :

- Nombre maximal de travées 9
- Maximum de la somme des nombres de câbles de tracés distincts assurant la précontrainte d'un fléau et la précontrainte de continuité des deux travées voisines 120
- Nombre maximal de points de définition d'un câble défini par points 50
- Nombre maximal d'évidements du caisson 3
- Nombre maximal de sommets définissant le contour extérieur ou un évidement 30
- Nombre maximal de voussoirs courants par console 21 *

Les voussoirs courants doivent être de longueur constante pour chaque console. S'il n'en est pas ainsi, on pourra étudier un ouvrage proche de l'ouvrage réel qui vérifie cette condition (consulter dans ce cas le gestionnaire du système).

1.4 - Description succincte des calculs exécutés par le système

Le système effectue les vérifications dans les sections situées immédiatement à gauche et immédiatement à droite de chacune des sections de calcul (définies au § I.1)

../..

* Dans certains cas, on peut admettre un nombre légèrement supérieur (prendre contact avec le gestionnaire du système).

De la sorte, s'il considère que la diffusion de la précontrainte n'est pas effective, l'utilisateur dispose des contraintes calculées sans tenir compte des câbles de précontrainte arrêtés dans chaque section.

Le système prend en compte les caractéristiques des sections brutes, nettes (en déduisant les trous de passage des câbles), ou rendues homogènes (la section des câbles de précontrainte est affectée d'un coefficient d'équivalence unique, lequel est donné à chaque problème), selon le type de sollicitation en jeu.

La tension de chaque câble est calculée dans toutes les sections de calcul traversées à partir de son tracé et de ses caractéristiques (mode de mise en tension, pertes par frottements, pertes par rentrée de cône d'ancrage, pertes par non simultanéité de mise en tension). Il est par ailleurs tenu compte de la variation dans le temps des pertes par retrait, fluage et relaxation.

A chaque phase de la construction, on calcule les variations correspondantes des efforts internes et des contraintes.

Ces variations cumulées aux contraintes obtenues à l'issue de la phase précédente permettent de déterminer l'état des contraintes compte tenu des pertes intervenues entre temps.

Les états de contraintes obtenus font l'objet de vérifications réglementaires.

Les principales étapes étudiées sont :

- Construction des fléaux :

Pour chaque voussoir,

- mise en place ou coulage
- mise en tension des câbles correspondants
- avancement du chariot pour mettre en place ou couler le voussoir suivant.

- Mise en continuité :

Pour chaque travée,

- coulage du béton sur cintre ou du voussoir de clavage
- mise en tension des câbles de continuité correspondants
- passage des appuis provisoires aux appuis définitifs, consécutif à ce clavage.

- Ouvrage rendu continu :

- pose des superstructures
- état à vide avant redistribution d'efforts internes par fluage
- état à vide après cette redistribution.

.../...

A chaque étape de construction des fléaux, un calcul de flèche, compte tenu du fluage du béton, est effectué, en plus des vérifications réglementaires.

Concernant l'ouvrage continu, le système étudie les effets des surcharges A (ℓ) et de trottoirs (les lignes d'influence sont fournies) et des gradients thermiques, puis vérifie l'ouvrage avant et après redistribution d'efforts internes par fluage (celle-ci est estimée à partir de la règle forfaitaire de la circulaire du 2 Avril 1975).

II - PRESENTATION DES MODULES CONSTITUANT LE SYSTEME V.E.P.

Le système V.E.P. 77 comprend les six modules de calcul suivants :

1) PRECOMPILATEUR

Il effectue un contrôle numérique des données relatives au tablier et transforme celles-ci en un groupe assimilable par les modules DESSIN et FLEAU.

2) Module APPUIS

Permet le calcul des coefficients de souplesse des systèmes d'appuis (provisoires ou définitifs).

3) Module DESSIN

Il effectue un dessin de contrôle (coffrage du tablier et câblage) à partir du groupe des données issu du PRECOMPILATEUR.

4) Module FLEAU

Il exécute un certain nombre de calculs préliminaires (caractéristiques des sections, tensions des câbles etc...) et étudie la construction des différents fléaux.

5) Module SURCHARGES

Etudie les lignes d'influence, les effets des surcharges A (ℓ) et de trottoirs, et les gradients thermiques.

6) Module CONTINUITE

Traite les opérations de mise en continuité de l'ouvrage, ainsi que les vérifications réglementaires en service.

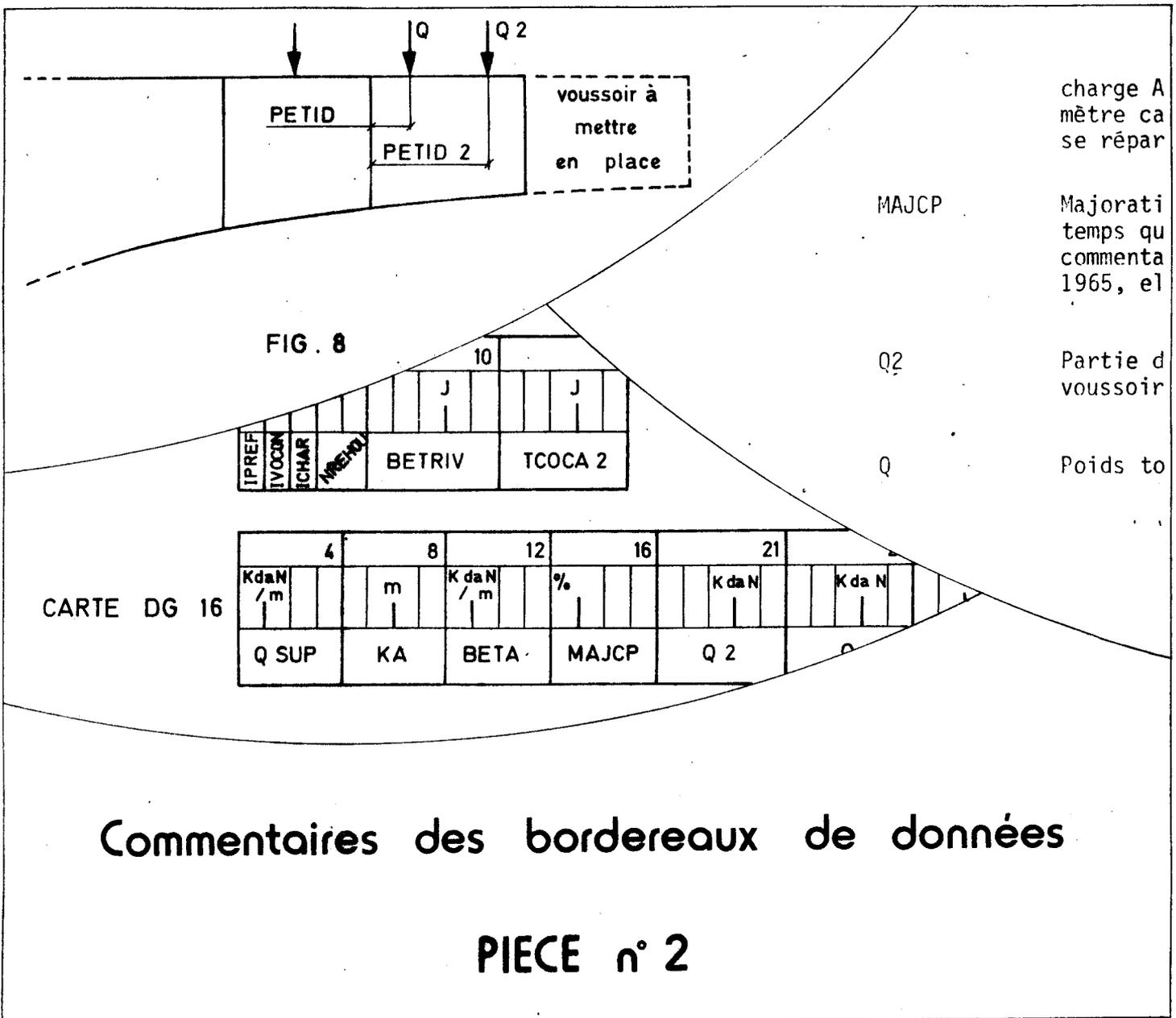
VEP 77

SETRA

SYSTEME DE VERIFICATION

DIVISION DES
OUVRAGES D'ART A

DE POUTRES EN BETON PRECONTRAIT CONSTRUITES PAR ENCORBELLEMENT



S Y S T E M E V. E. P.

COMMENTAIRE DES BORDEREAUX DE DONNEES

- GENERALITES -

L'ouvrage à étudier repose sur un certain nombre de systèmes d'appuis (provisoires puis définitifs) dédoublés et élastiques (si un système d'appuis définitifs est assimilable à un appui simple, il suffit de choisir en conséquence ses coefficients d'élasticité, voir § V et pièce n° 4).

Considérant celui-ci dans son intégrité, on numérote consécutivement les systèmes d'appuis de gauche à droite. Celui situé à l'extrême gauche porte le numéro 1.

Les travées sont numérotées de manière semblable, la travée i s'étendant entre les systèmes d'appuis i et $i + 1$ (figure 1).

Dans ce qui suit, on emploiera quelquefois le terme "appui" pour désigner un système d'appuis, pour simplifier.

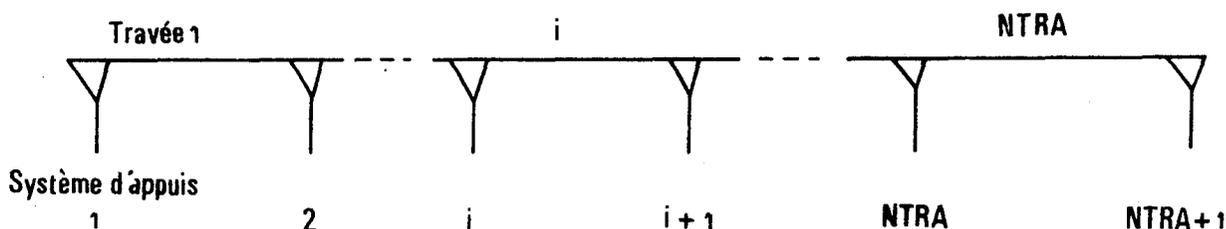


fig. 1

On choisit ensuite un repère de coordonnées :

- Ox horizontal orienté de gauche à droite
- Oz vertical ascendant
- Oy qui complète le trièdre trirectangle direct Ox, Oy, Oz

Pour la définition des abscisses on prendra l'origine 0 sur l'axe de différents systèmes d'appuis définitifs, selon les données à introduire.

Le choix de l'origine concernant y et z est fixé par l'utilisateur pour tout l'ouvrage.

On décrira le coffrage et le câblage dans ce repère unique.

Si une partie d'ouvrage se déduit d'une autre, par symétrie ou identité, il est prévu de ne pas la définir.

Les déviations des câbles en plan ne sont pas prises en compte. On définit une projection du câblage sur un plan vertical. Ainsi si deux ou plusieurs câbles ont le même tracé, ils seront donnés une seule fois. On tiendra compte de ceci en affectant à chaque câble un "poids" correspondant au nombre total de câbles ayant le tracé défini.

"Nombre de câbles" signifie : nombre de câbles de tracés distincts, c'est-à-dire compte non tenu du poids.

Toutes les sections de vérification sont des sections de définition du coffrage. Toutefois, au droit de chaque système d'appuis définitifs, on ne définit qu'une section (dans l'axe), les vérifications s'effectuant dans les sections gauche et/ou droite (voir figure 8).

INDICATIONS A RESPECTER LORS DU
REPLISSAGE DES BORDEREAUX DE DONNEES

Les données sont à inscrire au crayon pour faciliter les corrections éventuelles.

Chaque type de bordereau est identifié par un numéro en haut à droite.

Chaque ligne représentant une carte, il faut respecter les indications portées au bas de la page, en effet une ligne où rien n'est inscrit et non barrée figurera comme carte vierge dans le paquet de cartes de données.

Il y a lieu de choisir les bordereaux qui conviennent au problème posé, ainsi certains seront utilisés plusieurs fois, d'autres une seule fois et d'autres ne le seront pas.

L'utilisateur devra donc numéroter soigneusement les pages dans la case réservée pour éviter toute erreur lors de la transmission à la perforation.

Nombres entiers :

Ils doivent être cadrés à droite, c'est ainsi que l'on écrira :

3			6	
			1	1
NCA(1)			NCA(2)	

pour indiquer que $NCA(2) = 11$

Nombres avec décimales :

Le trait fort vertical marque la position de la virgule, c'est ainsi que l'on écrira :

5				
4	3	4	5	
PORTEE(1)				

pour indiquer que $PORTEE(1) = 43,45 \text{ m}$

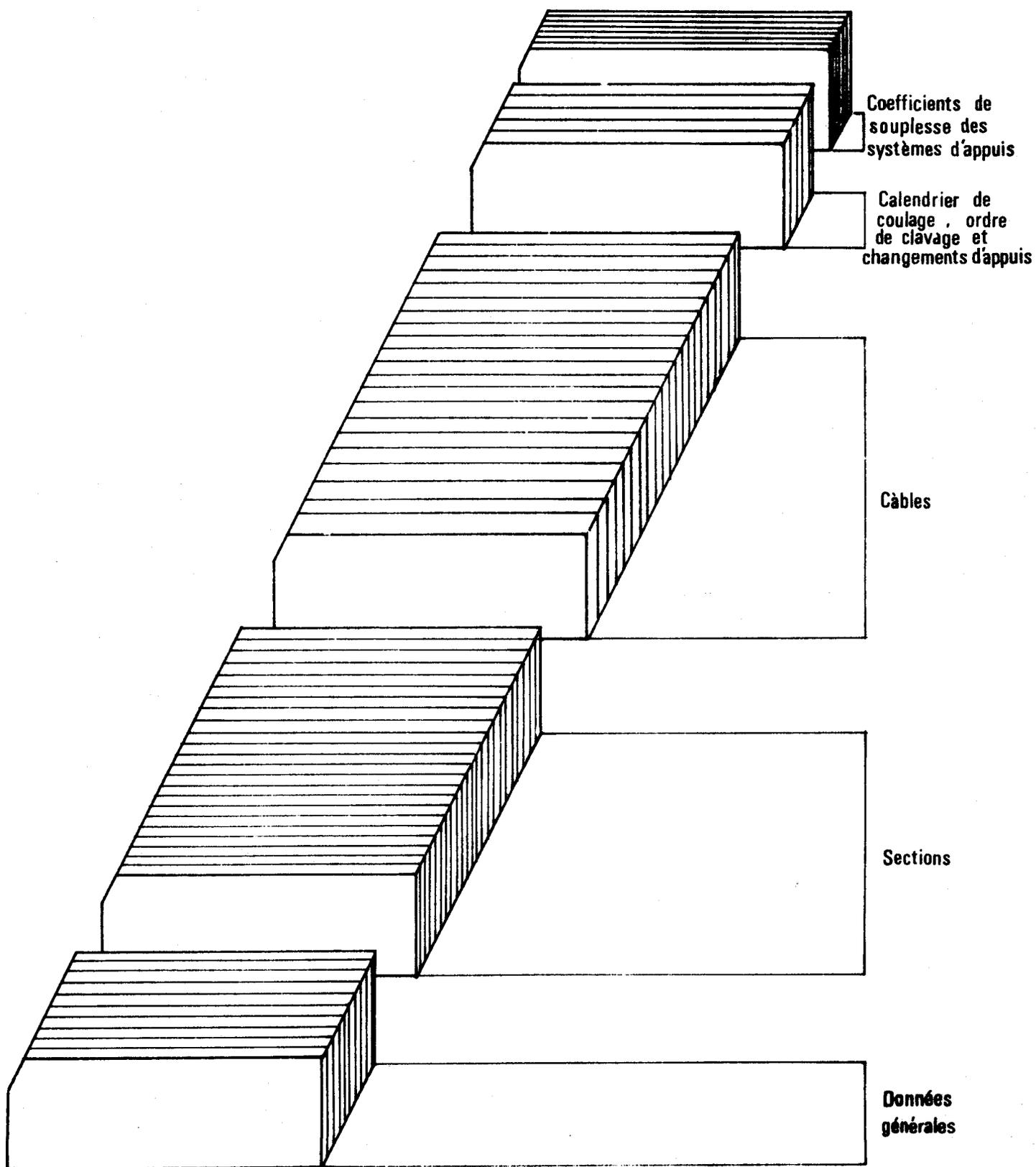


fig. 2

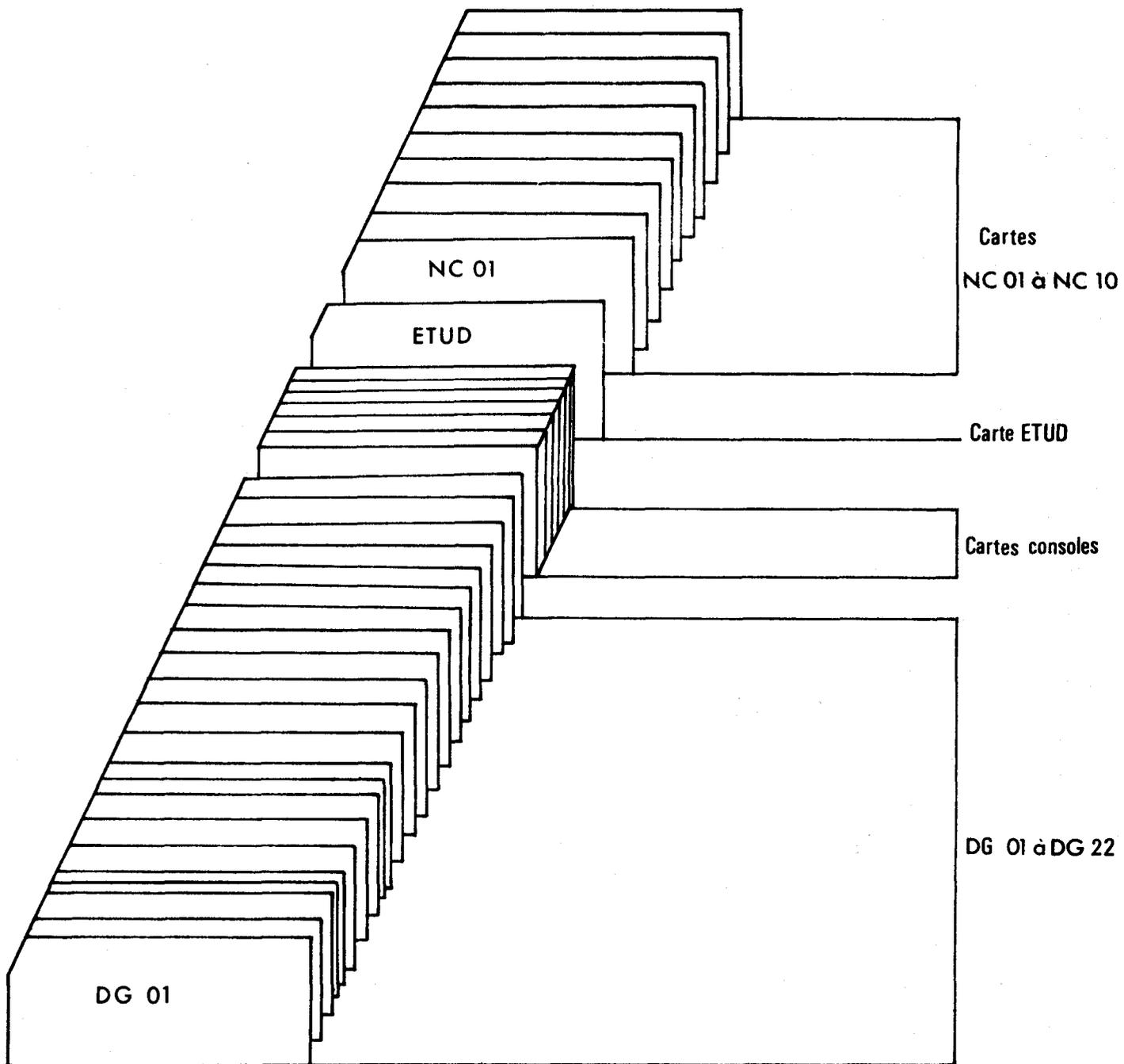


fig. 3

I.1 - CARTES DG 01 A DG 22 (BORDEREAUX N° 1,2,3 et 4)

CARTES DG 01 ET DG 02

Le contenu de ces cartes sera reproduit en tête de la note de calcul. On peut y faire figurer l'intitulé de l'ouvrage et/ou tout autre commentaire.

CARTE DG 03

Le contenu de cette carte sera reproduit en tête de chaque page de la note de calcul.

CARTE DG 04

ICAS Trois modes de construction sont prévus concernant chacune des travées de rive.

Mode A

La travée de rive est formée de deux consoles dont l'une est encastrée sur culée (fig.4).

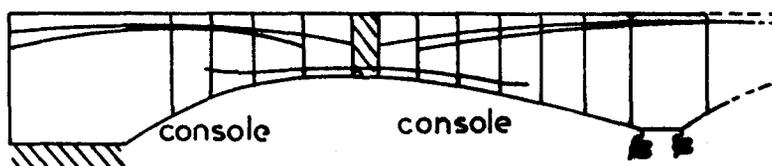


fig. 4

Mode B

La travée de rive est entièrement coulée sur cintre et décintrée avant la construction en encorbellement de la partie adjacente (fig. 5).

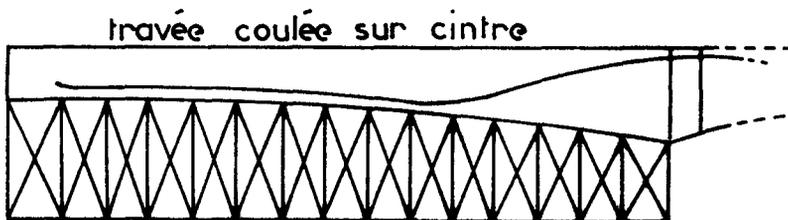


fig. 5

Mode C

La travée de rive est formée d'une partie coulée sur cintre et d'une partie construite en encorbellement (fig. 6).

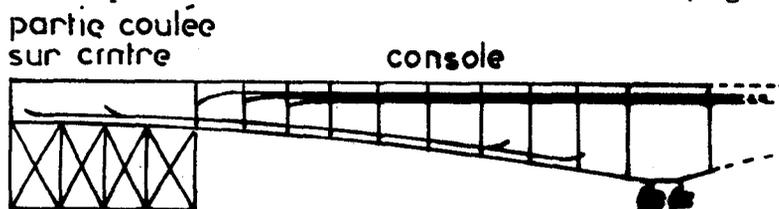


fig. 6

Valeurs de ICAS à prendre en compte :

		travée de rive droite		
		mode		
		A	B	C
travée de rive gauche	mode	A	1	
		B		2
		C		

exemple : si la travée de rive gauche est du mode C et celle de rive droite du mode C, ICAS vaut 3.

fig. 7

Dans la suite on parlera souvent des modes A à C.

ICOUL Indiquer : 1 si on coule un hourdis complémentaire (destiné par exemple à lier les caissons constituant un même pont).
0 dans le cas contraire.

NTRA Nombre total de travées, il doit être inférieur ou égal à 9.

NBEP Nombre d'évidement(s) du caisson (3 au maximum).

NBSE1 Nombre total de sections de définition dans la travée 1 (rive gauche) hormis les axes des systèmes d'appuis définitifs 1 et 2 (doit être au plus égal à 30, voir § II sections de vérification).

NBSE2 Même définition que NBSE1 mais pour la dernière travée (30 au maximum).

CARTE DG 05

PORTEE (1) Portée de la travée 1 (mesurée entre les axes des systèmes d'appuis définitifs).
de même d'une façon générale :

PORTEE (i) Portée de la travée i (mesurée entre les axes des systèmes d'appuis définitifs).

i varie de 1 à NTRA.

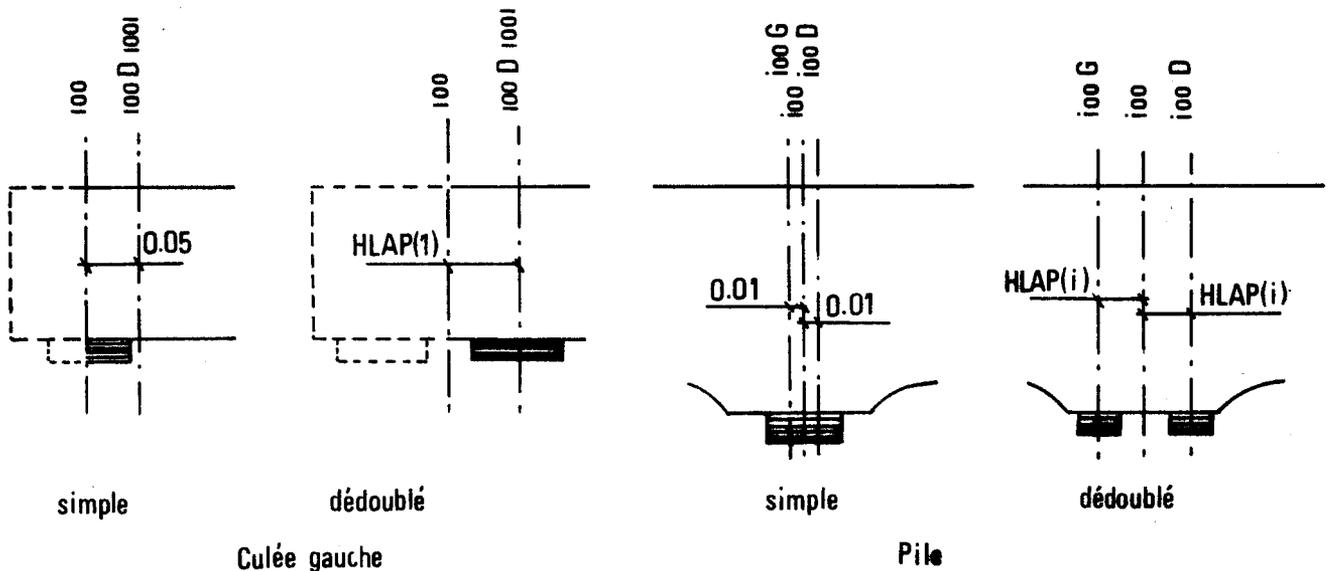
HLAP (1) Demi longueur sur laquelle le tablier est lié au système d'appuis définitifs 1.

D'une façon générale :

HLAP (i) Demi longueur sur laquelle le tablier est lié au système d'appuis définitifs i.

i varie de 1 à NTRA + 1.

Dans le cas d'un système d'appuis définitifs dédoublés longitudinalement, HLAP vaut la moitié de la distance séparant les axes des files d'appuis (figure 8).



Système d'appuis définitifs

fig. 8

Dans le cas d'un système d'appuis définitifs comportant une seule file d'appuis et assimilable à un appui simple, on pourra prendre $HLAP = 0,05$ m sur culée et $HLAP = 0,01$ m sur pile intermédiaire (figure 8).

REMARQUE : i00 est une section de définition du coffrage

i00G et i00D sont deux sections de vérification dont les caractéristiques mécaniques sont supposées être identiques à celles de i00.

VOCLE (1)

Longueur du voussoir de clé dans la travée 1 (cette valeur n'est à considérer que dans le mode A)

de même d'une façon générale :

VOCLE (i) Longueur du voussoir de clé dans la travée i.
La longueur du voussoir de clé dans la travée NTRA (rive droite) n'est à prendre en compte que dans le mode A.

CARTE DG 08

On distingue deux famille de câbles :

- la famille 1 comprend les câbles situés au-dessus d'un appui et qui sont mis en tension lors de la construction des consoles (câbles chapeaux).
- la famille 2 comprend tous les autres câbles ; ils sont mis en tension soit lors de la construction des travées de rive, soit lors de la mise en continuité de l'ouvrage (câbles de continuité).

Les nombres de câbles qui suivent concernent l'ouvrage complet (y compris les parties déduites d'autres par symétrie ou identité s'il y a lieu).

NCA (1) Nombre de câbles de la famille 1 situés au-dessus de l'appui¹ (70 au maximum). Il n'y a de tels câbles que dans le mode A. Dans les autres cas les colonnes correspondantes restent vierges.

D'une façon générale :

NCA (i) Nombre de câbles de la famille 1 situés au-dessus de l'appui i (70 au maximum).

i varie de 1 à NTRA + 1

Le nombre de câbles de la famille 1 situés au-dessus de l'appui NTRA + 1 (culée droite) n'est à prendre en compte que dans le mode A ; dans les autres cas les colonnes correspondantes restent vierges.

NCPT Nombre total de câbles de la famille 2 couvrant plus d'une travée (s'il y a lieu).

NCT (1) Nombre de câbles de la famille 2 dans la travée 1 (50 au maximum)

D'une façon générale :

NCT (i) Nombre de câbles de la famille 2 dans la travée i (50 au maximum).

i varie de 1 à NTRA. Sont exclus de ces nombres les câbles couvrant plus d'une travée s'il y a lieu.

CARTES DG 09, DG 10 et DG 11

Quel que soit le nombre de type(s) de câbles utilisés ces trois cartes doivent figurer dans le paquet de données ; les cartes éventuellement non utilisées restant vierges.

- D (1) Diamètre d'encombrement de la gaine des câbles de type 1 (compte tenu des ondulations le cas échéant), exprimé en centimètres.
- ω (1) Section d'un câble de type 1 exprimée en millimètres carrés.
- RAN (1) Recul de l'ancrage pour les câbles de type 1 exprimé en millimètres. Cette valeur est donnée dans la circulaire d'agrément du procédé de précontrainte.
- φ (1) Coefficient de déviation parasite ou perte de tension relative par unité de longueur d'un câble de type 1, exprimé en pourcentage. Cette valeur est donnée dans la circulaire d'agrément du procédé de précontrainte.
- Par exemple si cette valeur vaut 0,0018, on inscrira $\varphi(1) = 0,18$.
- F (1) Coefficient de frottement dans les courbes entre les câbles de type 1 et leur gaine. Cette valeur est donnée également dans la circulaire d'agrément du procédé de précontrainte.
- REL (1) Coefficient pour le calcul des pertes par relaxation relatif aux câbles de type 1. Ce coefficient exprime le pourcentage des pertes par relaxation lorsque la tension initiale est de 0,8 RG, c'est-à-dire que, d'après la circulaire du 23 Avril 1974, c'est la plus grande des deux quantités :

$$2,4 \times REL_{1000}$$

et $REL_{3000} + 2,5 / 100$

REL_{1000} et REL_{3000} représentant les valeurs de la relaxation maximale de l'acier utilisé, garanties par le producteur à 1000 heures et 3000 heures pour une tension initiale égale à 0,8 RG. Ces valeurs figurent dans la circulaire d'agrément de l'acier utilisé.

Dans le cas où REL_{3000} n'est pas connu on remplace

$$REL_{3000} + 2,5/100 \text{ par } 0,100$$

Par exemple si $REL_{0,8 \infty}$ vaut 12 %, on inscrira 0,12

RG (1) Contrainte de rupture d'un fil de câble de type 1 exprimée en hectobars. Cette valeur est donnée dans la circulaire d'agrément de l'acier utilisé.

D'une façon générale :

D (i) Diamètre d'encombrement de la gaine des câbles de type i.

ω (i) Section d'un câble de type i.

RAN (i) Recul de l'ancrage pour les câbles de type i.

φ (i) Coefficient de déviation parasite d'un câble de type i.

F (i) Coefficient de frottement entre les câbles de type i et leur gaine.

REL (i) Coefficient pour le calcul des pertes par relaxation relatif aux câbles de type i.
0,8 ∞

CARTE DG 12

K1 Coefficient pour le calcul des pertes par non simultanéité. On peut en général le prendre égal à 0,72.

EA Module d'Young de l'acier en hectobars.

PETITN Coefficient d'équivalence acier-béton $n = EA/EB$. En général on peut le prendre égal à 5. Il intervient pour le calcul des caractéristiques mécaniques des sections rendues homogènes, en vue du calcul des contraintes dues aux surcharges.

GG Exposant de la fonction donnant les pertes par relaxation en fonction du temps tel qu'il est défini dans la circulaire du 23 Avril 1974. Il est commun au cinq types de câbles possibles.

En général on prend : GG = 0,19.

CARTE DG 13

σ_{en} Limite d'élasticité des aciers pour étriers en hectobars.

σ_{arg} Contrainte de rupture des aciers pour étriers en hectobars.

CARTE DG 14

ICIM Indiquer : 1 si le ciment employé est du C.P.A.
2 si le ciment employé est du H.R.I.

Cette donnée intervient dans le calcul de la résistance escomptée du béton au temps t , à partir de σ_{28} (voir pièce n° 5 pages 32 et 33).

MASVOL Masse volumique du béton en tonnes par mètre cube, en général 2,5.

σ_{28} Résistance du béton à la compression à 28 jours en bars.

Φ Coefficient de fluage du béton, tel qu'il est défini dans l'annexe II de l'instruction provisoire du 12 Août 1965.

RAU Retrait final (en 10^{-4}).

CARTE DG 15

IPREF Indiquer : 1 si les voussoirs sont préfabriqués.
0 s'ils sont coulés en place.

IVOCON Indiquer : 1 si les intervalles de coulage sont constants.
0 dans le cas contraire.

ICHAR Indiquer : 1 si l'on se sert d'un chariot.
0 dans le cas contraire.

NREHOU Retard de coulage du hourdis complémentaire, en nombre de cycles, s'il existe.

Précisons qu'un cycle comprend l'avancement du chariot, la mise en place d'un voussoir et la mise en tension des câbles de pré-contrainte correspondants.

BETRIV Age du béton de la travée de rive lors de la mise en tension des câbles y afférant, exprimé en jours (modes B et C).

TCOCA2 Intervalle de temps, exprimé en jours entre la fin de coulage d'un voussoir de clé (y compris éventuellement le hourdis complémentaire) et la mise en tension des câbles de continuité correspondants (câbles de la famille 2).

CARTE DG 16

QSUP Charge due aux superstructures en kilodécaneuton par mètre linéaire.

KA Coefficient qui a la dimension d'une longueur (exprimé en mètres) intervenant dans le calcul des effets de la surcharge A (ℓ). On suppose que la poutre supporte une surcharge A (ℓ) sur une largeur KA qui tient compte des coefficients a_1 et a_2 .

Dans le cas d'un caisson unique KA est le produit de la largeur chargeable par a_1 et a_2 .

Dans le cas d'un pont comportant deux caissons, on peut admettre que la surcharge A (ℓ) se répartit également entre ceux-ci, sauf dissymétrie importante du profil en travers. Dans le cas d'une chaussée de largeur variable, coder 1.E9 et se reporter au questionnaire page 48.

BETA Surcharge répartie sur les trottoirs exprimée en kilodécaneuton par mètre linéaire. Elle est appliquée à la poutre avec la surcharge A (ℓ). Rappelons que le règlement prévoit 0,15 tonne par mètre carré de trottoir. On peut considérer que cette surcharge se répartit également entre les poutres caissons le cas échéant.

MAJCP Majoration de la charge permanente à prendre en compte en même temps que les surcharges, exprimée en pourcentage. D'après le commentaire de l'article 5 de l'instruction provisoire du 12 Août 1965, elle est comprise entre 2 % et 5 % dans les cas courants.

Q2 Partie du poids du chariot en kilodécaneuton, reportée sur le voussoir qui vient d'être achevé (fig. 9).

Q Poids total du chariot en kilodécaneuton (fig. 9)

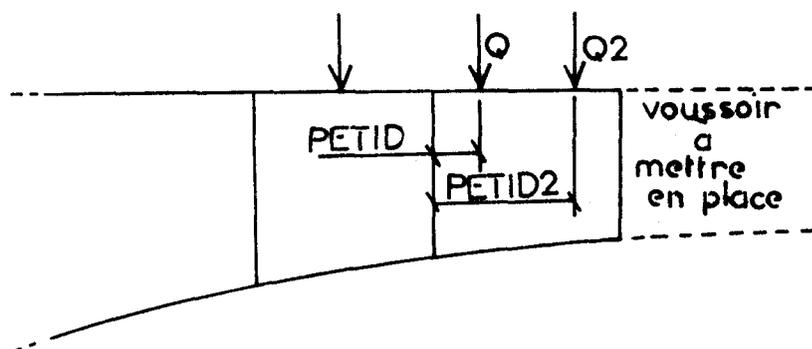


fig. 9

- PETID2 Distance en mètres entre le point d'application de Q2 et le joint qui vient d'être achevé (fig. 9).
- PETID Distance en mètres séparant le point d'application de Q du joint qui vient d'être achevé (fig. 9).
- PECHA Poids de l'échafaudage qui sert à construire le voussoir de clé, en kilodécanewton (fig. 10).
- DSEC Distance en mètres entre le point d'application de chacune des charges dues à l'échafaudage et au voussoir de clé pendant son coulage et chacun des derniers joints achevés relatifs aux deux consoles de la travée à claver (fig. 10).

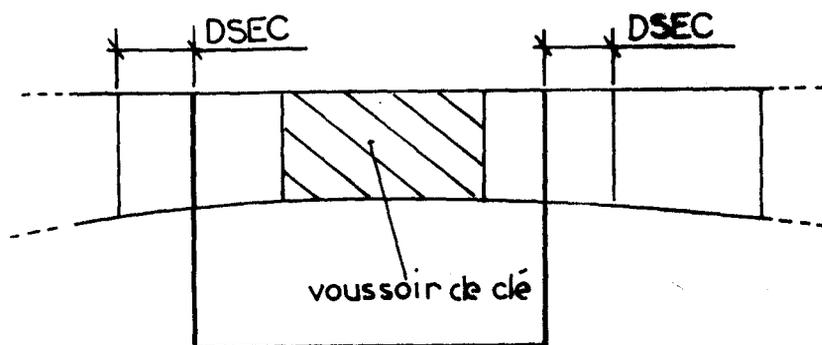


fig. 10

CARTE DG 17

(Voir II sections de vérification).

- N1 Si la travée de rive gauche est du mode A (fig. 4) laisser en blanc, si elle est du mode C (fig. 5), nombre de sections* depuis l'appui 1 (compris) jusques et y compris celle située immédiatement à gauche de l'extrémité droite du câble le plus long de la deuxième famille relative à cette travée de rive (voir fig. 11). (Si la travée 1 comporte au moins un câble de continuité couvrant plus d'une travée, la dernière section à prendre en compte est la section 200).

Dans le mode B (fig. 6), nombre de sections depuis l'appui 1 (compris) jusques et y compris la section extrême de la console formant la partie gauche de la travée 2 (en effet dans ce cas les câbles de continuité de la travée de rive sont en même temps câbles chapeaux de la console adjacente (voir fig. 12).

- NF1 Si la travée de rive gauche est du mode A (fig. 4) laisser en blanc. Si elle est du mode C (fig. 5), nombre de sections de la première travée (appui 1 compris) définissant la partie coulée sur cintre y compris la section commune à la partie coulée sur cintre et au dernier voussoir coulé en encorbellement (voir fig. 11).

../..

* de définition

Si elle est de mode B (fig. 6) nombre de sections de la première travée y compris la section extrême sur culée et la section sur appui 2 (il vaut donc dans ces cas $NBSE1 + 2$).

N2
NF2

Définitions symétriques pour la travée de rive droite.

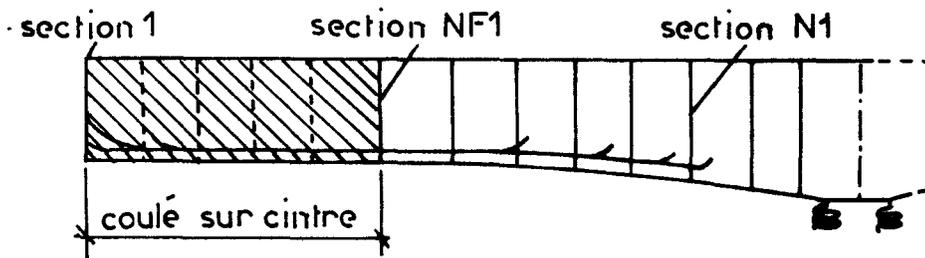


fig. 11

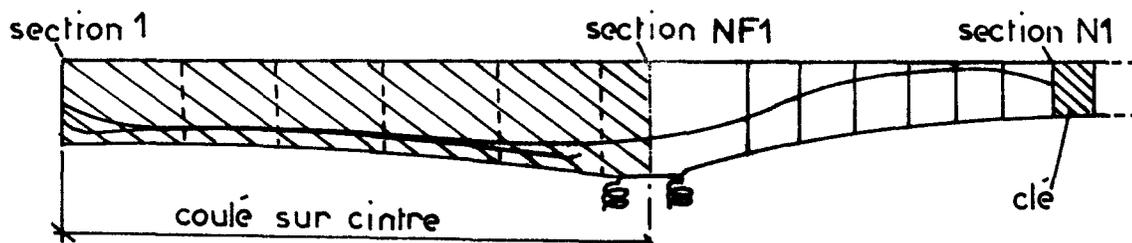


fig. 12

CARTE DG 18

Elle est relative à l'étude des gradients thermiques au moment de la vérification en service.

TETA1 Gradient de température de courte durée exprimé en degrés. En général : $TETA1 = 10,0$ degrés (valeur qui correspond aux prescriptions de la circulaire du 2 Avril 1975).

TETA2 Gradient de température de longue durée exprimé en degrés.

En général :

$TETA2 = 5,0$ degrés (valeur qui correspond aux prescriptions de la circulaire précitée).

../..

QSI Coefficient de dilatation du matériau exprimé en 10^{-5} m/m
exemple :
si $QSI = 1 \times 10^{-5}$ on écrira 1,00

CARTE DG 19

RK2 Coefficient servant à calculer "l'état à vide après redistribution d'efforts internes par fluage". On admet que la fraction RK2 du poids propre des fléaux et de leur précontrainte reste prise par le travail en console et que la fraction $(1 - RK2)$ est prise en travail en poutre continue. D'après la circulaire du 2 Avril 1975, il y a lieu de prendre $RK2 = 0,5$.

CARTE DG 20

Cette carte est réservée au gestionnaire du programme et doit rester vierge.

En cas de difficultés l'utilisateur peut demander au gestionnaire du programme de remplir les deux cartes qui suivent. Dans les modes B ou C, la partie coulée sur cintre de la travée de rive gauche est assimilée à une console formant la partie gauche de cette travée.

Dans le mode B, la console formant la partie droite de la travée 1 n'existe pas et est donc ignorée.

Dans le mode B, la console formant la partie gauche de la travée de rive droite n'existe pas non plus.

Enfin, dans les modes B ou C, la partie coulée sur cintre de la dernière travée est assimilée à une console formant sa partie droite.

Il faut insister sur les points suivants :

Deux consoles symétriques ou identiques sont supposées l'être non seulement par leur contour extérieur mais encore par les câbles des deux familles les traversant (la machine prend en compte les mêmes caractéristiques mécaniques pour deux sections homologues).

Ainsi par exemple, si la travée 1 est de mode C, la console formant partie gauche de la deuxième travée ne peut en général pas être définie comme symétrique de la console formant la partie droite de la première travée (fig. 13).

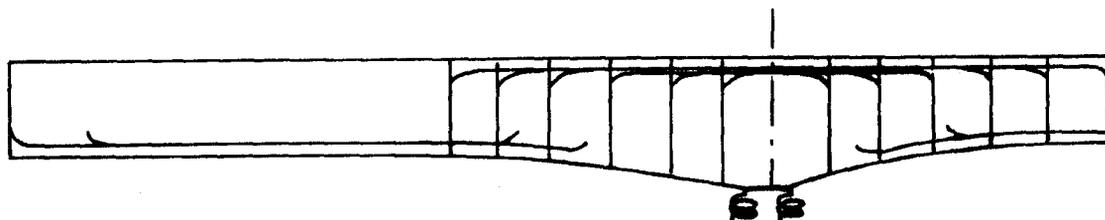


fig 13

On appellera "console droite de la travée i", la console formant la partie droite de cette travée de même pour la console formant la partie gauche.

Une console droite ne peut être identique qu'à une console droite. Il en est de même pour une console gauche.

Une console droite ne peut être symétrique que d'une console gauche et inversement.

Si une console est identique à une autre ou symétrique d'une autre, il faut que cette dernière soit définie et qu'elle la précède. Si une console est identique à une autre, elle ne peut être déclarée en même temps symétrique d'une autre et inversement.

Dans tout ce qui suit, une console sera dite "non définie" si elle est identique à une précédente ou symétrique d'une précédente. Dans le cas contraire elle sera dite "définie".

CARTE DG 21

IDCØD (i) Indiquer : 00 si la console droite de la travée i n'est pas identique à la console droite d'une travée précédente.

Sinon : numéro de la travée où se trouve la console identique.

ISYCØD (i) Indiquer : 00 si la console droite de la travée i n'est pas symétrique d'une console gauche précédente.

Sinon : numéro de la travée dans laquelle se trouve la console symétrique.

(si la console droite de la travée i est symétrique de la console gauche de cette même travée ISYCØD (i) = i).

CARTE DG 22

IDCØG (i) Indiquer : 00 si la console gauche de la travée i n'est pas identique à la console gauche d'une travée précédente.

Sinon : numéro de la travée dans laquelle se trouve la console identique.

ISYCØG (i) Indiquer : 00 si la console gauche de la travée i n'est pas symétrique de la console droite d'une travée précédente.

Sinon : numéro de la travée dans laquelle se trouve la console symétrique.

I.2 - CARTES CONSOLES (Bordereaux n° 5 et 6)

Il y a lieu de fournir les données console par console en parcourant le pont de la gauche vers la droite c'est-à-dire console gauche travée 1, console droite travée 1, puis console gauche travée 2, etc...

Si une console est inexistante les données correspondantes sont absentes, (exemple : console droite travée 1 dans le mode B).

Si une console n'est pas définie, les données correspondantes ne figurent pas non plus.

Selon le mode de construction des travées de rive le groupe de cartes consoles sera structuré ainsi :

Travée de rive gauche	Mode A	console gauche travée 1 ----- console droite travée 1
	Mode B	abscisses des sections de calcul dans la travée 1
	Mode C	abscisses des sections de calcul dans la partie sur cintre de la travée 1 ----- console droite travée 1
Travée courante i		console gauche travée i console droite travée i
Travée de rive droite	Mode A	console gauche dernière travée console droite dernière travée
	Mode B	abscisses des sections de calcul dans la dernière travée
	Mode C	console gauche dernière travée ----- abscisses des sections de calcul dans la partie sur cintre de la dernière travée

Définition des sections dans une partie coulée sur cintre :

On utilise le bordereau n° 5 en respectant les indications qui y figurent.

CARTES XS 01 et XS 02

XSEC (1) Abscisse de la première section de vérification* comptée à partir de l'axe du système d'appuis définitifs de gauche de la travée considérée.
D'une façon générale :

XSEC (i) Abscisse de la i^{ème} section de vérification comptée à partir du même point.

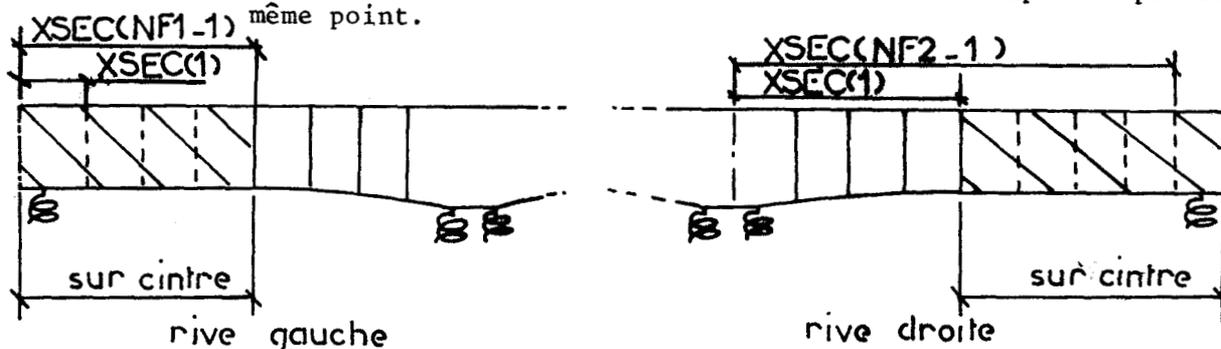


fig. 14

Si la travée de rive gauche est du mode C la dernière section à définir est celle commune à la partie sur cintre et à la partie en encorbellement, i varie de 1 à NF1 - 1 (fig. 14).

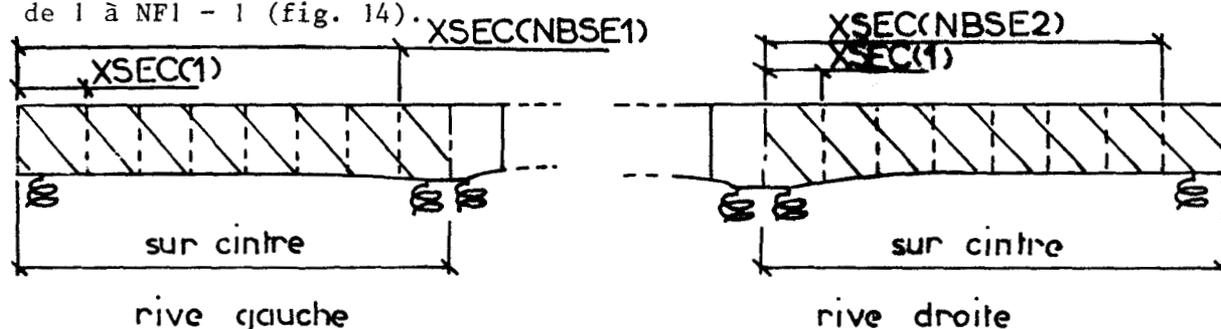


fig. 15

Si la travée de rive gauche est du mode B la dernière section à définir est celle qui précède l'appui 2, i varie de 1 à NBSE1 (fig. 15).

Pour la travée de rive droite, i variera de façon analogue de 1 à NF2 - 1 si elle est du mode C et de 1 à NBSE2 si elle est du mode B, les sections étant fournies de la gauche vers la droite (fig. 14 et 15).

Définition des consoles formées de voussoirs :

On utilise le bordereau n° 6 à raison d'une ligne par console.

Les cartes non utilisées doivent être barrées en croix.

CARTE CC

HLV Longueur du voussoir courant (en mètres) (fig. 16 et 17).

HLV1 Longueur de la partie de voussoir sur pile ou sur culée appartenant à la console, comptée à partir de l'axe du système d'appuis définitifs (fig. 16 et 17).

.../...

* C'est la section d'appui provisoire. Dans le cas où il n'y a pas d'appui provisoire, on peut prendre XSEC (1) = HLAP (1) (voir page 7).

DAPPRO Distance entre l'axe du système d'appuis définitifs et l'appui provisoire (toujours positive).

Dans ce qui suit on appelle "changement d'appui" le passage du système d'appuis provisoires au système d'appuis définitifs.

DVERIFT Distance qui sépare l'appui provisoire de la section où l'on effectue les vérifications relatives aux contraintes de cisaillement après changement d'appui. Cette distance est positive si cette section est plus éloignée de l'axe du système d'appuis définitifs que ne l'est l'appui provisoire (figure 16), une seule section de vérification au cisaillement est alors prise en compte pour la console considérée. Elle est négative dans le cas contraire.

NVOU Nombre de voussoirs courants (21 au maximum).

DVER1 Cette valeur n'est à considérer que si DVERIFT est négative. Elle définit la position de la section de vérification au cisaillement avant changement d'appui. Elle est toujours positive (figure 17).

La section d'appui provisoire et la (ou les) section(s) de vérification au cisaillement se trouvent toujours à l'intérieur du voussoir sur pile.

L'appui provisoire peut ne pas exister ou plutôt coïncider avec l'appui définitif (console encastrée sur culée ou piles dédoublées par exemple).

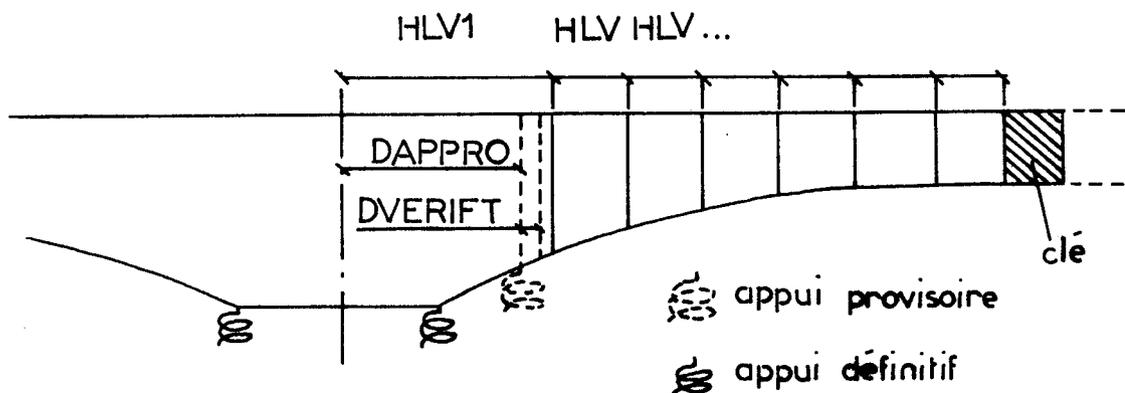


fig. 16

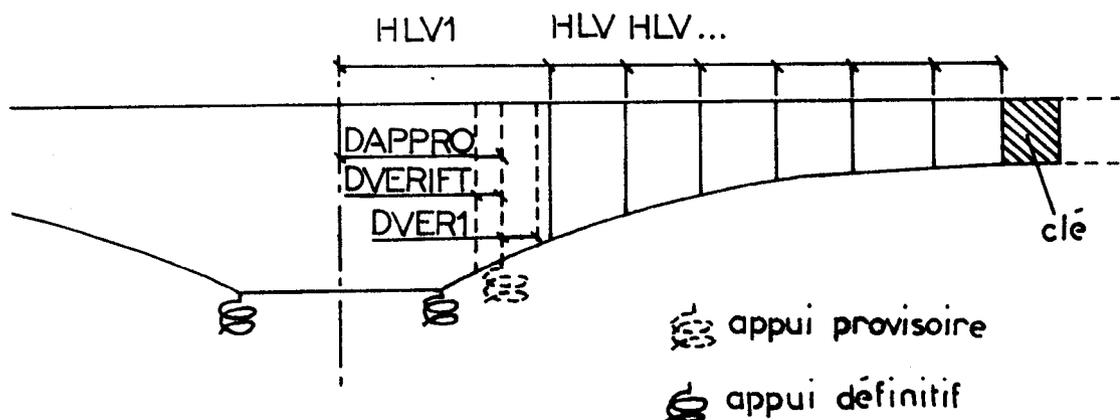


fig. 17

I.3 - CARTE ETUD (Bordereau n° 7)

Elle indique quelles sont les consoles à étudier en phases de construction.

Une console non définie n'est pas à étudier.

Si une console n'existe pas (par exemple celle située à gauche de l'appui 2 si la travée de rive gauche est du mode B), elle n'est pas à étudier non plus.

IETU (i) Indiquer : 3 si l'on étudie les consoles situées à gauche et à droite de l'appui i.
2 si l'on n'étudie que la console située à droite de l'appui i.
1 si l'on n'étudie que la console située à gauche de l'appui i.
0 si l'on n'étudie ni l'une ni l'autre.

Remarque : ces valeurs sont imposées par les codes identités et symétries, elles permettent au programme d'effectuer un contrôle supplémentaire.

I.4 - CARTES NC 1 à NC 10 (Bordereau n° 8)

Ces cartes indiquent les nombres de câbles relatifs à l'ensemble de l'ouvrage. Ainsi, si une partie de celui-ci est déduite d'une autre par identité ou symétrie (fléau ou travée), on fera figurer quand même les nombres de câbles correspondants.

Un câble dit "standard" se compose d'un segment de droite médian encadré par deux paraboles elles-mêmes prolongées par des segments de droite jusqu'aux ancrages.

Un câble dit "de continuité relevé" est composé de façon analogue mais sa partie centrale est cette fois une courbe suivant l'intrados à distance constante.

On appellera, plus loin, "câble par points" un câble dont le tracé est donné par points dans le repère XOZ.

Nombre de câbles standard symétriques signifie nombre de câbles dont le tracé est standard et symétrique.

Nombre total de câbles standard signifie nombre de câbles standard symétriques plus nombre de câbles standard non symétriques.

Il en est de même pour les nombres de câbles par points et les nombres de câbles relevés.

Les quatre nombres suivants sont relatifs aux câbles de la famille 1 situés au-dessus de l'appui i .

NCABPT ($i,1$) Nombre total de câbles par points.

NCABSD ($i,1$) Nombre total de câbles standard.

NCAPSY ($i,1$) Nombre de câbles par points symétriques.

NCASSY ($i,1$) Nombre de câbles standard symétriques.

i varie de 1 à NTRA + 1.

Pour les appuis 1 et NTRA + 1, il y a lieu de laisser les colonnes correspondantes en blanc si la travée de rive gauche, ou celle de rive droite, respectivement est de mode B ou C.

Les quatre nombres suivants sont relatifs aux câbles de la famille 2 situés dans la travée i (câbles couvrant plus d'une travée exclus s'il y a lieu).

NCABPT ($i,2$) Nombre total de câbles par points.

NCABSD ($i,2$) Nombre total de câbles standard.

NCAPSY ($i,2$) Nombre de câbles par points symétriques.

NCASSY ($i,2$) Nombre de câbles standard symétriques.

i varie de 1 à NTRA.

Si une travée de rive est du mode B : il y a lieu de considérer un câble de continuité dans celle-ci servant en même temps de câble chapeau pour la console adjacente comme s'il appartenait à la famille 1.

Les deux nombres qui suivent concernent les câbles relevés donc de la famille 2, situés dans la travée i (câbles couvrant plus d'une travée exclus s'il y a lieu).

NCABRE (i) Nombre total.

NCARSY (i) Nombre de câbles symétriques.

i varie de 1 à NTRA.

../..

Les quatre nombres suivants concernent les câbles de la famille 2 couvrant plus d'une travée. Ceux-ci peuvent être par points (symétriques ou non) ou standard (symétriques ou non).

- NCPT1 Nombre total de câbles par points.
- NCPT2 Nombre total de câbles standard.
- NCPT3 Nombre de câbles par points symétriques.
- NCPT4 Nombre de câbles standard symétriques.

Les 10 cartes NC 01 à NC 10 doivent figurer, il ne faut pas barrer en croix celles qu'on n'utilise pas.

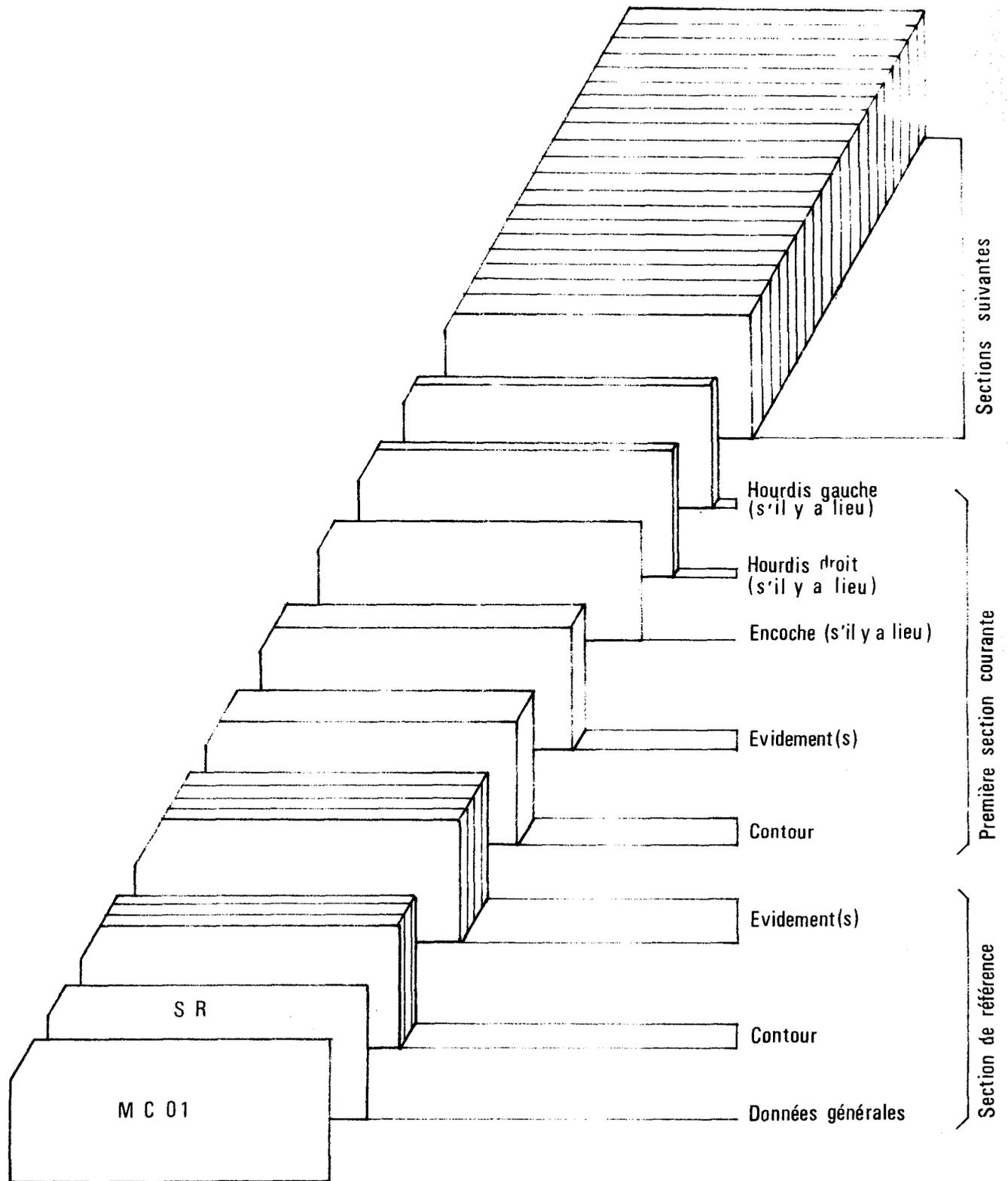


fig. 18

On trouve en tête la carte mots-clés MC 01 puis les cartes définissant la section de référence, enfin un groupe complet et ordonné de cartes décrivant les sections de vérification.

On définit ici les sections de calcul par les coordonnées des sommets des polygones auxquels sont supposés s'identifier le contour extérieur d'une part, le(s) évidement(s) intérieur(s) d'autre part (car il s'agit de caissons).

La section de référence est choisie pour tout le pont, ce peut être une section existante (par exemple sur l'axe d'un "appui" définitif) ou une section fictive. Elle comporte un contour extérieur de base auquel on peut ajouter s'il y a lieu un hourdis complémentaire à droite ou à gauche et/ou une encoche. Le nombre d'évidement(s) intérieur(s) est limité à trois.

On définit ensuite chaque section de vérification par son numéro et les variations de coordonnées correspondantes par rapport à la section de référence (en Y et en Z).

La première section ainsi définie est celle située dans l'axe de l'appui définitif 1 (culée gauche), les suivantes doivent être ordonnées suivant les abscisses croissantes (par rapport à l'axe de l'appui définitif 1). Il y a lieu de décrire le pont de gauche à droite sans omission ni interversion.

Toutefois si une partie d'ouvrage est "non définie" (déduite d'une autre par identité ou symétrie), il ne faut pas fournir les sections de calcul s'y trouvant.

Une section commune à une partie définie et à une partie non définie doit être donnée par l'utilisateur.

On doit obligatoirement et seulement définir :

- 1) les sections situées dans l'axe des systèmes d'appuis définitifs.
- 2) les limites des voussoirs (sections normales)
- 3) les sections situées aux appuis provisoires et celles de vérification au cisaillement avant changement d'appuis.
- 4) dans les parties coulées sur cintre s'il y a lieu, un certain nombre de sections (abscisses définies dans les cartes XSE 01 et XSE 02).

Pour faciliter les opérations de tri effectuées par le programme on affecte à la section située dans l'axe de chaque système d'appuis définitifs un numéro i00, i étant le numéro de l'appui.

Sans tenir compte des sections "spéciales" définies en 3 et en 1, on numérote consécutivement et de gauche à droite les sections limites de voussoirs et celles choisies dans les parties sur cintre s'il y a lieu, travée par travée en commençant par i01, i étant le numéro de la travée considérée.

Considérons une travée courante (formée de deux parties construites en encorbellement) numéro i, par convention :

- i001 est le numéro de la section située à DAPPRO à droite de l'axe du système d'appuis définitifs i.
- i003 celui/de la section à DAPPRO + DVERIFT de ce point si DVERIFT est positive ou à DAPPRO + DVERI si DVERIFT est négative.

- i002 celui de la section située à DAPPRO à gauche de l'axe du système d'appuis définitifs $i + 1$.
- i004 celui de la section à DAPPRO + DVERIFT à gauche de ce point si DVERIFT est positive, ou à DAPPRO + DVERI si DVERIFT est négative.

Considérons la travée de rive gauche supposée de modes B ou C :

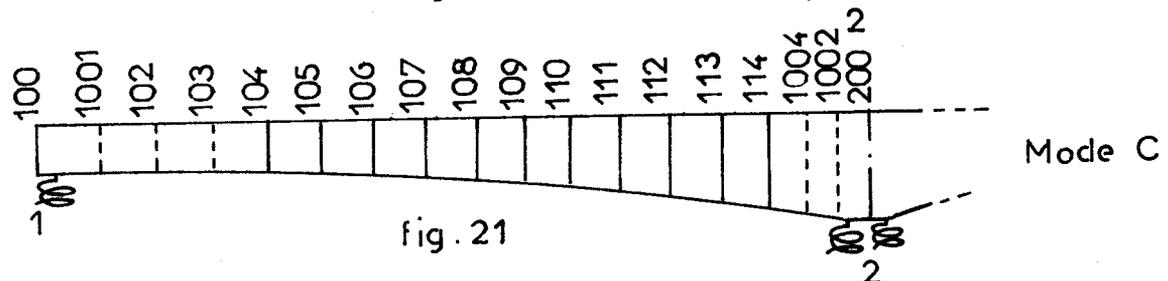
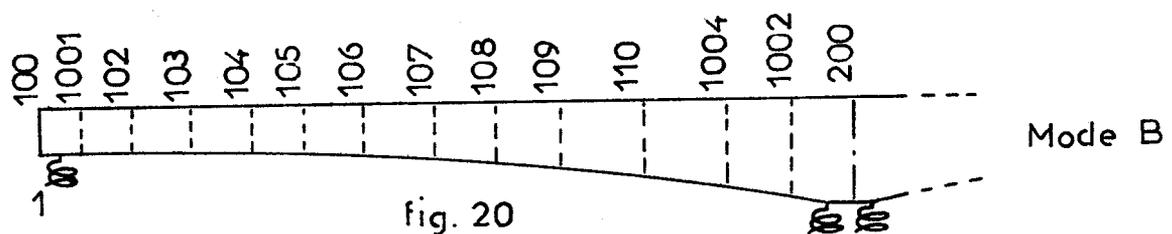
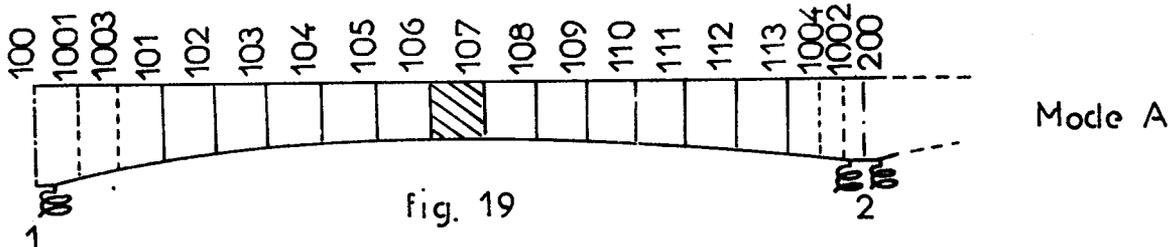
Il est convenu de prendre comme numéros de sections de définition :

- 1001 section d'appui provisoire immédiatement à droite de 100.
- 1002 section d'appui provisoire immédiatement à gauche de 200. (dans le mode C, section située à DAPPRO à gauche de l'axe du système d'appuis définitifs 2, dans le mode B, on pourra choisir une section située à 0,05 m à gauche de l'axe du système d'appuis définitifs 2, s'il n'y a pas d'appui provisoire).
- 1004 section de vérification au cisaillement immédiatement à gauche de 1002 (dans le mode C, section située à DVERIFT ou DVERI à gauche de 1002).

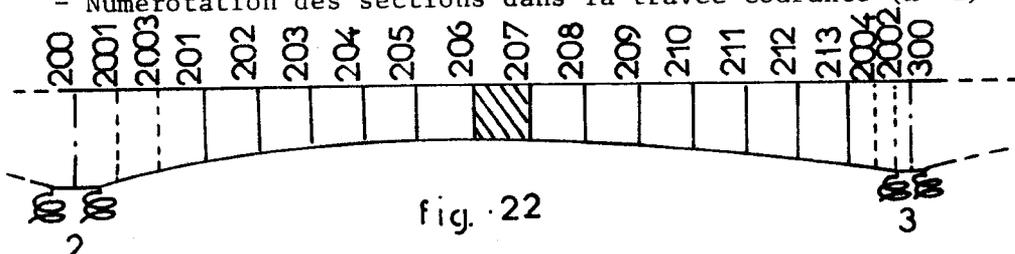
Il y a symétrie de définitions pour la travée de rive droite.

Exemples : On prendra $NTRA = 3$

- Numérotation des sections dans une travée de rive gauche (N° 1)



- Numérotation des sections dans la travée courante (n° 2).



.../...

- Numérotation des sections dans la travée de rive droite (N° 3)

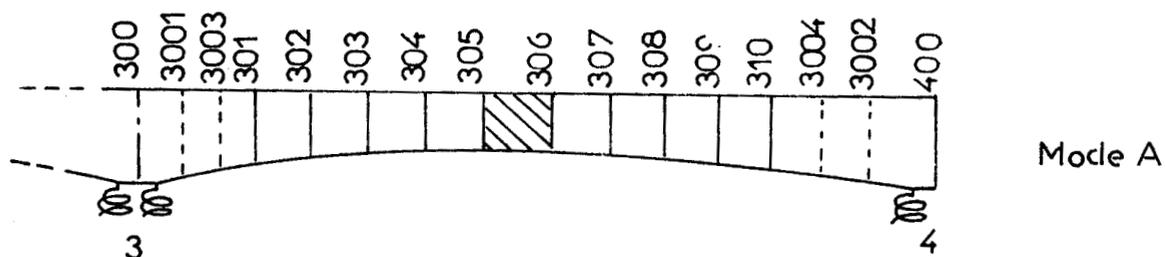


fig. 23

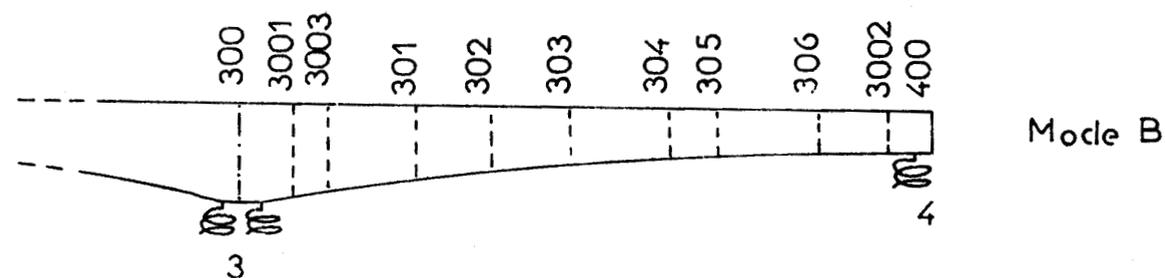


fig. 24

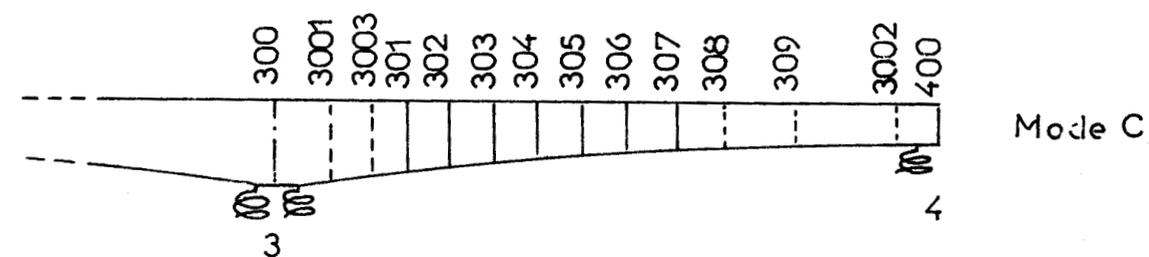


fig. 25

II.1 - DEFINITION DE LA SECTION DE REFERENCE

On utilise les bordereaux 9, 10 et autant de fois le bordereau 11 qu'il y a d'évidement(s).

Sur les bordereaux 10 et 11 on barrera en croix les cartes inutilisées.

CARTE MC 01 Celle-ci est préremplie et doit obligatoirement figurer au début du groupe de cartes sections.

.../...

<u>CARTE SR</u>	Elle fournit les données générales relatives à la section de référence.
NBSCE	Nombre de sommets du contour extérieur (30 au maximum) y compris les sommets correspondant aux hourdis complémentaire(s) éventuellement coulé(s) à droite ou à gauche et à l'encoche, si elle existe. Ceci permet de définir le(s) hourdis et/ou l'encoche s'il y a lieu par des variations de coordonnées des points correspondants.
NBSEP1	Nombre de sommets de l'évidement numéro 1 (30 au maximum).
NBSEP2	Nombre de sommets de l'évidement numéro 2 (30 au maximum). Si il n'y a qu'un évidement la case correspondante reste vierge.
NBSEP3	Nombre de sommets de l'évidement numéro 3 (30 au maximum). Si il y a moins de 3 évidements les colonnes correspondantes restent vierges.
<p>Le premier sommet du contour extérieur est toujours pris en bas à droite, il en est de même pour chaque évidement. On numérote ensuite chaque point du contour extérieur consécutivement en tournant dans le sens positif trigonométrique. On répète l'opération pour chaque évidement.</p> <p>Aucune symétrie transversale ne peut être prise en compte.</p>	
NDE	Numéro du premier sommet de l'encoche ; on suppose qu'il y en a forcément quatre. S'il n'y a pas d'encoche on laissera NDE vierge.
NDH	Numéro du sommet correspondant au début du hourdis complémentaire droit (voir fig. 26) s'il existe, sinon laisser en blanc.
NBDH	Nombre de sommets supplémentaires correspondant au hourdis complémentaire droit s'il existe, sinon laisser en blanc. En général ce nombre est de 2 mais il peut être supérieur par exemple, si un gousset inférieur se termine dans le hourdis complémentaire.
NGH	Numéro du premier sommet du hourdis complémentaire gauche s'il existe, sinon laisser en blanc.
NBGH	Nombre de sommets du hourdis complémentaire gauche. S'il n'existe pas laisser en blanc.

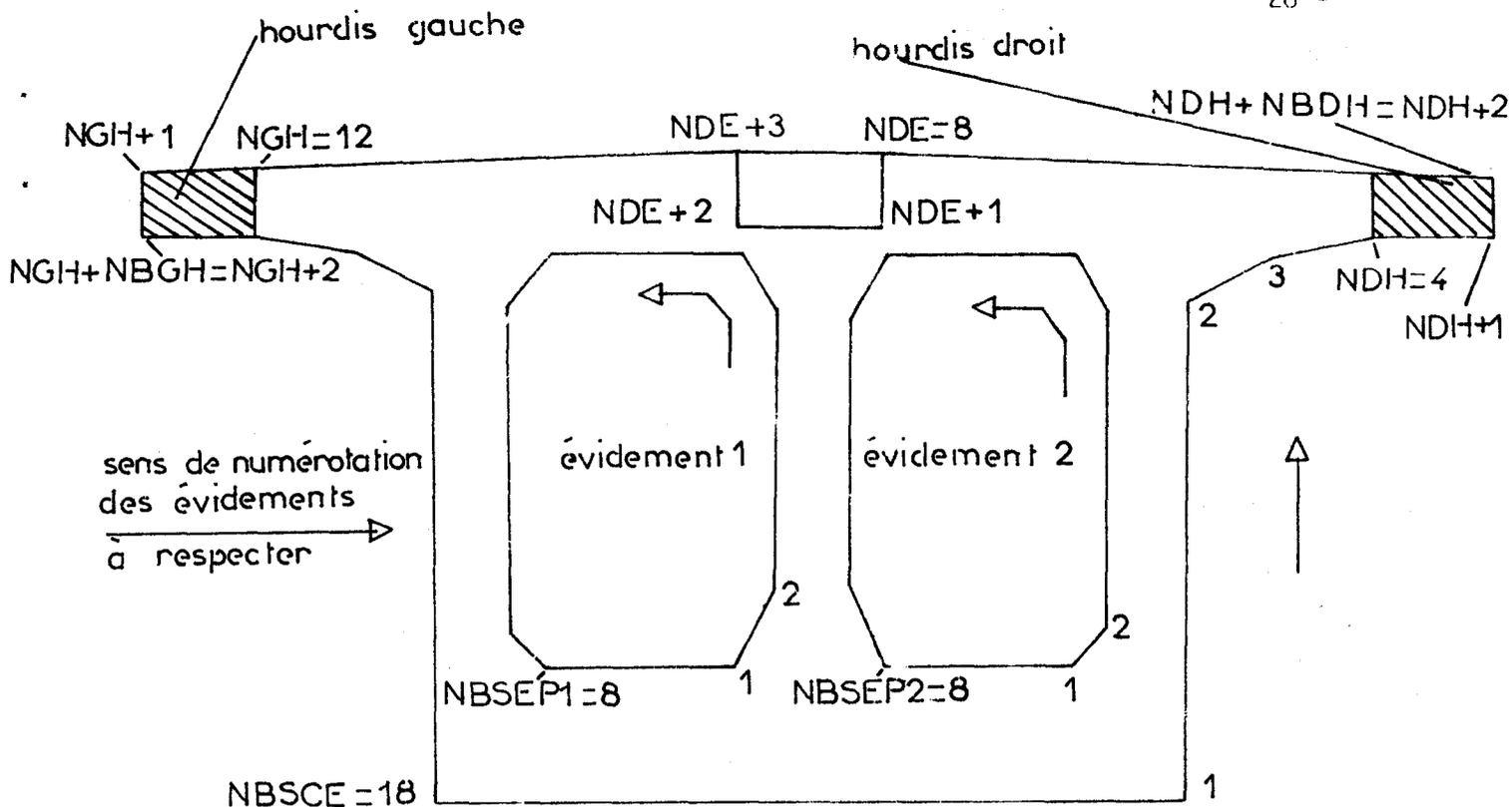


fig. 26 section de référence, exemple

CARTES CSR 01 à CSR 08

Elles définissent le contour extérieur de référence : contour dont on suppose la définition unique et complète et à partir duquel on pourra définir simplement les contours de la série de sections. Ce contour ainsi défini suppose l'encoche remplie si elle existe, c'est-à-dire les points NDE et NDE + 1 confondus ainsi que les points NDE + 2 et NDE + 3. Il suppose également le ou les hourdis complémentaire(s) non coulé(s) s'il y a lieu.

- | | |
|---------|--|
| POINT i | <p>YC ordonnée du sommet i du contour extérieur de référence.</p> <p>NYC indice permettant d'indiquer la quantité dont change YC (point i) lorsqu'on passe du contour de référence à celui d'une section déterminée.</p> <p>ZC cote du sommet i du contour de référence.</p> <p>NZC indice permettant d'indiquer la quantité dont varie ZC (point i) lorsqu'on passe du contour de référence à celui d'une section déterminée.</p> |
|---------|--|
- i varie de 1 à NBSCE.

On utilise autant de cartes du bordereau n° 10 que nécessaire et on barre en croix celles qui sont excédentaires.

CARTES ESR 01 à ESR 08

YE, NYE, ZE et NZE pour le point i ont respectivement la même signification que YC, NYC, ZC et NZC, mais relativement au $i^{\text{ème}}$ point de l'évidement considéré.

On utilise autant de cartes du bordereau n° 11 que nécessaire en barrant en croix celles qui sont excédentaires.

Remarque :

Dans un cas courant, nombreux sont les points qui conservent leur ordonnée d'une section à l'autre (pont de largeur constante). Nombreux également sont ceux qui peuvent conserver leur cote (cas des points définissant le hourdis supérieur).

De même, il arrive fréquemment que les points définissant l'intrados varient de la même quantité, dans ce cas leur indice NZC sera le même.

On peut faire la même remarque pour les points des évidements définissant le hourdis inférieur.

En reprenant l'exemple de la figure 26 :

Pour le contour, on peut choisir :

- NZC = 1 pour les points 1 et 18 qui varieront de la même quantité en Z.
- NYC = 2 pour les points 1 à 18 qui ne varieront pas en Y.
- NZC = 2 pour les points 2 à 17 qui ne varieront pas en Z (si on néglige la courbure du profil en long).

Pour l'évidement 1 :

- NZE = 1 pour les points 1, 2, 7 et 8 qui varieront de la même quantité en Z.
- NZE = 2 pour les points 3 à 6 qui ne varieront pas en Z.
- NYE = 2 pour les points 1 à 8 qui ne varieront pas en Y.

Il en est de même pour l'évidement 2 ; en définitive seules six variations de coordonnées dont trois nulles suffiront à définir le contour et les évidements.

Ainsi une variation de coordonnée peut concerner à la fois une ordonnée et une cote et n'est donnée qu'une seule fois pour un polygone.

Par contre dans cet exemple, bien que les points 1, 2, 7 et 8 de chaque évidement varient en Z de la même quantité, il faut définir deux fois celle-ci (une fois par évidement).

Pour une information complémentaire on peut consulter l'exemple-type (pièce 4).

II.2 - DEFINITION DES SECTIONS COURANTES

Pour une section courante donnée on définit nécessairement :

- le numéro de section (une seule fois sur la première carte),
- les variations de coordonnées des points du contour par rapport à la section de référence,
- les variations de coordonnées des points des évidements (dans l'ordre des numéros d'évidements),
- les variations de coordonnées définissant l'encoche si elle existe,
- les variations de coordonnées définissant le hourdis droit s'il existe,
- enfin celles définissant le hourdis gauche s'il existe.

Dans le cas général où les variations de coordonnées sont nombreuses (le nombre maximum dépassant 11 pour un polygone) on utilise :

- le bordereau n° 12 pour le contour,
- autant de fois le bordereau n° 13 qu'il y a d'évidement(s), ceci en barrant les cartes en excédent,
- enfin le bordereau n° 14 pour l'encoche et le(s) hourdis en barrant les cartes inutilisées.

Ceci pour une section courante.

Dans les cas courants on peut utiliser le bordereau n° 15 et réduire de façon notable l'encombrement des données.

CARTES PC 01 à PC 05

ISEC Numéro de section.

PC (1) Variation d'une coordonnée du contour extérieur pour laquelle on a porté 1 en NYC ou en NZC.

Ainsi, si l'on a porté 1 en NZC pour le point 1, la cote réelle du premier point du contour extérieur sera

$$ZC (\text{point } 1) + PC (1)$$

De même, d'une façon générale :

PC (i) Variation d'une coordonnée du contour extérieur pour laquelle on a porté i en NYC ou NZC.

i varie de 1 à la valeur maximale attribuée aux NYC et NZC. On voit que l'on a grand intérêt à choisir des NYC et NZC consécutifs ce qui n'est nullement obligatoire.

../..

CARTES PE 01 à PE 05

PE (i) A la même signification que PC (i) mais relativement à l'évidement considéré.

i varie de 1 à la valeur maximale de NYE et NZE correspondant à cet évidement.

CARTE EN 01

PY (NDE + 1) Quantité dont varie l'ordonnée du (NDE + 1)^{ème} point quand on prend en compte l'encoche.

PZ (NDE + 1) Quantité dont varie la cote du (NDE + 1)^{ème} point quand on prend en compte l'encoche.

PY (NDE + 2) Quantité dont varie l'ordonnée du (NDE + 2)^{ème} point quand on prend en compte l'encoche.

PZ (NDE + 2) Quantité dont varie la cote du (NDE + 2)^{ème} point quand on prend en compte l'encoche.

Dans le cas où il n'y a pas d'encoche, cette carte ne doit pas figurer.

CARTES HD 01 et HD 02

PYHD (1) Quantité dont varie l'ordonnée du (NDH + 1)^{ème} point quand on coule le hourdis complémentaire droit.

PZHD (1) Quantité dont varie la cote de (NDH + 1)^{ème} point quand on coule le hourdis complémentaire droit.

PYHD (i) Ont respectivement la même signification pour le (NDH + i)^{ème}
PZHD (i) point du hourdis complémentaire droit.

i varie de 1 à NBDH.

Si la carte HD 02 n'est pas utilisée, la barrer en croix.

CARTES HG 01 et HG 02

PYHG et PZHG ont respectivement la même signification que PYHD et PZHD mais relativement au hourdis gauche.

Dans le cas où il n'y a pas de hourdis complémentaire (ICOUL = 0) les cartes HD 01, HD 02, HG 01 et HG 02 n'ont pas à figurer (il y a lieu de les barrer en croix). Dans le cas où le hourdis n'est coulé que d'un seul côté, il y a lieu de barrer les cartes correspondant à l'autre côté.

III STRUCTURE DU GROUPE DE DONNEES CABLES (EXEMPLE)

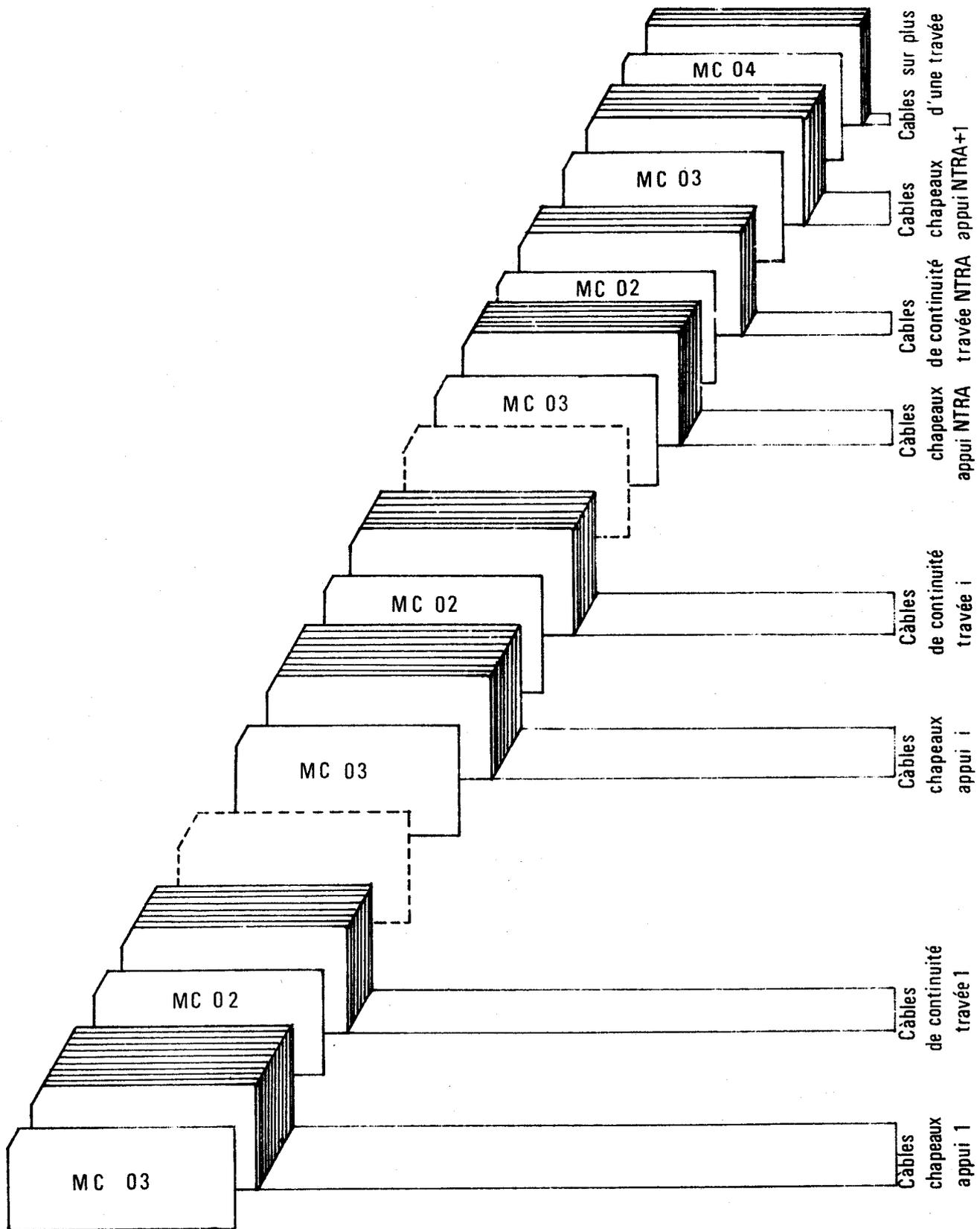


fig. 27

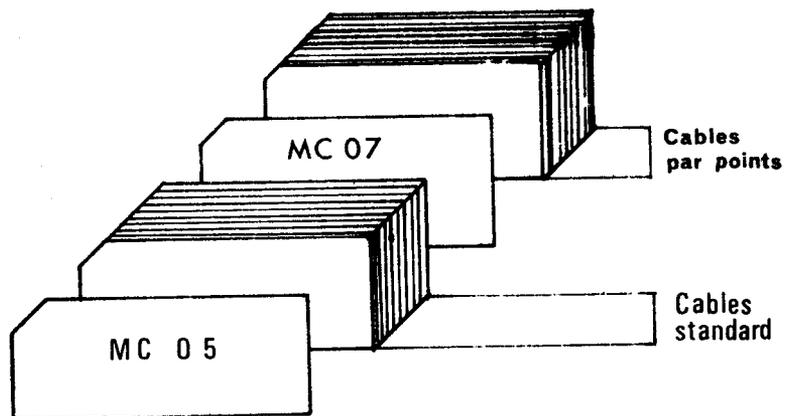


fig. 28

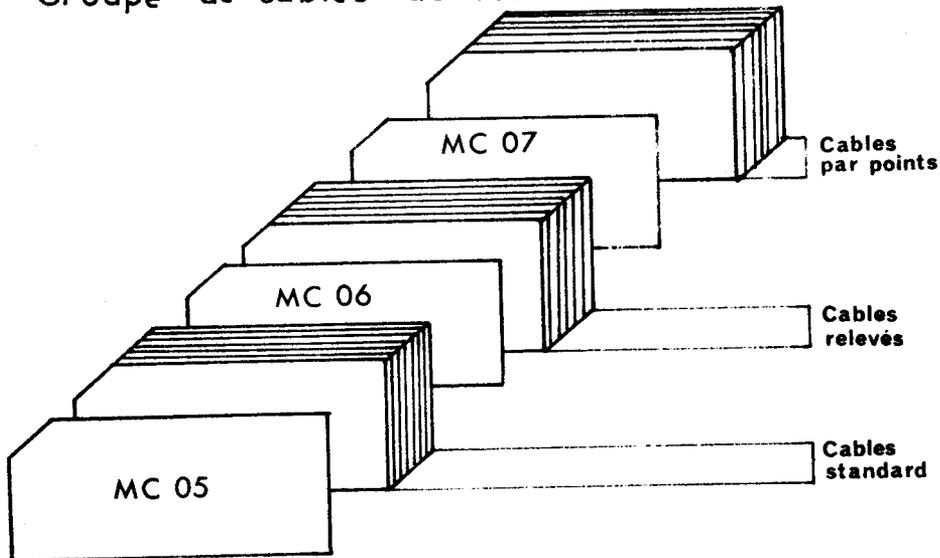


fig. 29

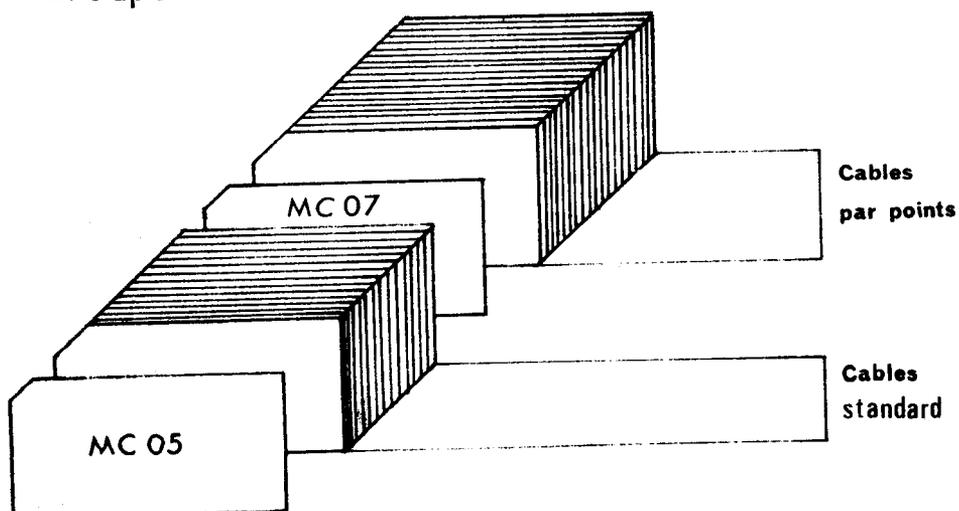


fig. 30

Le paquet de cartes câbles est divisé en groupes, chacun représentant tous les câbles chapeaux situés au-dessus d'un appui, tous les câbles de continuité "normaux" (ne dépassant pas leur travée) situés dans une travée ou encore tous les câbles de continuité courant sur plus d'une travée.

On peut ranger les groupes de câbles chapeaux et de câbles de continuité normaux dans l'ordre que l'on veut.

Seul le groupe de câbles courant sur plus d'une travée doit obligatoirement se trouver à la fin, s'il existe.

Si un fléau est déduit d'un autre par identité ou symétrie, le groupe de câbles chapeaux qui lui correspond est absent.

Si une travée est déduite d'une autre par identité ou symétrie, c'est-à-dire si chacune de ses consoles est déduite de chacune des consoles d'une autre travée par identité ou symétrie, de même le groupe de câbles de continuité normaux situés dans cette travée ne doit pas figurer.

Concernant les câbles qui couvrent plus d'une travée, on ne fournit pas ceux qui sont situés en totalité dans une partie d'ouvrage non définie.

Il se peut également que l'absence d'un groupe soit due au mode de construction d'une travée de rive (dans le mode C par exemple, pour la travée de rive gauche, il y a lieu de ne pas prendre en compte le groupe de câbles chapeaux sur l'appui 1).

Chaque groupe est précédé d'une carte mot-clef principale soit du type MC 02 pour les câbles de continuité normaux dans une travée, on doit alors porter le numéro de travée dans la case NT, soit du type MC 03 pour les câbles chapeaux au-dessus d'un appui la case NA recevant le numéro d'appui, soit enfin du type MC 04 pour le dernier groupe (voir bordereau n° 16).

Pour définir un groupe de câbles chapeaux sur un appui i on prend l'origine des abscisses sur cet appui.

Pour définir un groupe de câbles de continuité normaux dans une travée i on prend l'origine des abscisses sur l'appui i (appui de gauche).

Enfin, pour la définition du groupe de câbles courant sur plus d'une travée l'origine unique est sur l'appui 1.

Chaque groupe de câbles comprend un sous-groupe par type de tracé de câble. Chaque sous-groupe est précédé d'une carte mots-clefs le caractérisant : MC 05 pour les câbles standard, MC 06 pour les câbles relevés et MC 07 pour les câbles par points.

L'ordre de disposition des sous-groupes à l'intérieur d'un groupe est laissé au choix de l'utilisateur.

Il est rappelé que le type de câble "relevé" est réservé aux câbles de la famille 2 normaux.

Il faut signaler enfin que le précompilateur numérote les câbles dans l'ordre où il les rencontre consécutivement en adoptant la convention suivante :

.../...

$1000 \times i + k$ est le numéro du $k^{\text{ème}}$ câble rencontré relatif à l'ensemble appui i plus travée i .

Ce sont ces numéros qui figurent dans la note de calcul.

L'indicateur alphanumérique employé par l'utilisateur pour entrer les données disparaît au profit de cette numérotation et pour faciliter l'exploitation des résultats, il est fourni un tableau de correspondance.

Le programme affecte de plus à chaque câble un indice qui vaut 1 pour les câbles chapeaux et 2 pour les câbles de continuité (Famille).

Les câbles de continuité relevés seront transformés en câbles par points en vue du traitement, en respectant la symétrie si elle existe.

Chaque câble de continuité couvrant plus d'une travée quel que soit son type sera transformé avant traitement en autant de câble(s) par points non symétrique(s) qu'il couvre de travée(s) définie(s).

Pour plus de détail, on peut se reporter à la pièce 5 chapitre Fonctionnement du précompilateur, (une travée est considérée comme définie si une console au moins est définie dans celle-ci).

III.1 - DEFINITION DES PARAMETRES COMMUNS A TOUS LES TYPES DE CABLES

ALPHA Indicateur alphanumérique choisi par l'utilisateur et désignant le câble.

SYM Indicateur de symétrie et de mise en tension.

SYM pair indique que le tracé du câble est non symétrique,

SYM impair indique que son tracé est symétrique.

En réalité il y a $2I$ câbles de tracé identique et ceux-ci peuvent être tendus :

- des deux côtés,
- par la gauche,
- par la droite,
- alternativement par la gauche et par la droite.

Dans ce deuxième cas :

Si $2I$ est impair et si l'on tend un câble de plus par la gauche que par la droite, il y a dominante gauche.

La dominante droite est définie de façon analogue.

Si II est pair le nombre de câbles tendus par la gauche est égal au nombre de câbles tendus par la droite et la dominante est indifférente.

Le tableau suivant donne la valeur de SYM à adopter :

	non symétrique	symétrique
câbles tendus des deux cotés	0	1
câbles tendus par la gauche	2	3
câbles tendus par la droite	4	5
câbles tendus alternativement, dominante gauche	6	7
câbles tendus alternativement dominante droite	8	9

fig. 31

Quand on parlera, plus loin, de câbles symétriques on fera uniquement allusion à leur géométrie.

- S Numéro de type du câble ($1 \leq S \leq 5$)
- II "Poids" du câble, c'est-à-dire nombre de câble(s) dont le tracé est identique à celui qui est défini.
- T_0 Tension initiale du câble, compte tenu des pertes dans le verin, exprimée en hectobars.

Dans tout ce qui suit les abscisses sont exprimées en mètres, les cotes et les distances également.

III.2 - CABLES STANDARD (Fig. 32 et 33)

On utilise le bordereau n° 17 à raison d'une ligne par câble en barrant celles qui ne sont pas utilisées.

.../...

- XH1 Abscisse du point d'entrée.
- ZH1 Cote de ce point.
- XH3 Abscisse du point de raccordement entre la parabole gauche et le segment médian.
- ZH3 Cote de ce point.
- XH4 Pour un câble symétrique abscisse du point médian.
Pour un câble non symétrique abscisse du point de raccordement entre la parabole droite et le segment médian.
- ZH4 Pour un câble symétrique cote du point médian qui doit être égale à ZH3.
Pour un câble non symétrique cote du point de raccordement entre la parabole droite et le segment médian.
- XH6 Pour un câble symétrique laisser en blanc.
Pour un câble non symétrique abscisse du point de sortie.
- ZH6 Pour un câble symétrique laisser en blanc.
Pour un câble non symétrique cote du point de sortie.
- ALFAE Angle d'entrée compté entre l'axe Ox et le segment de droite se trouvant entre le point d'entrée et la parabole de gauche.
Cet angle est exprimé en degré, dixièmes et centièmes de degré.
Il est compté algébriquement (positif dans le sens trigonométrique).
Le segment d'entrée est défini par le point d'entrée et l'angle d'entrée.
La parabole gauche est définie par trois conditions :
- elle passe par le point XH3 ZH3,
- elle est tangente en ce point au segment médian,
- elle est tangente au segment d'entrée.
Le segment médian ne doit jamais être pris de longueur nulle.
- ALFAS Angle de sortie.
Pour un câble symétrique laisser en blanc, le programme prendra en compte-ALFAE.
Pour un câble non symétrique : angle de sortie défini de façon analogue à ALFAE.

III.3 - CABLES DE CONTINUITE RELEVES (Fig. 34 et 35)

Ces câbles seront transformés en câbles par points par le précompilateur (voir Pièce 5). On utilise le bordereau n° 18 à raison d'une ligne par câble en barrant celles qui ne sont pas utilisées.

XH1, ZH1, XH6, ZH6, ALFAE et ALFAS gardent la même signification que pour les câbles standard (si le câble est symétrique on ne définit de même ni le point de sortie ni l'angle de sortie).

XH3 Abscisse du début de la courbe parallèle à l'intrados.

XH4 Pour un câble symétrique laisser en blanc, la symétrie se fait toujours par rapport à l'axe du voussoir de clé d'une travée symétrique.

 Pour un câble non symétrique abscisse de fin de la courbe qui suit l'intrados.

DPRIME Distance positive entre l'intrados ou de façon plus précise la ligne joignant les points ayant la cote la plus basse et la courbe constituant la partie médiane du câble.

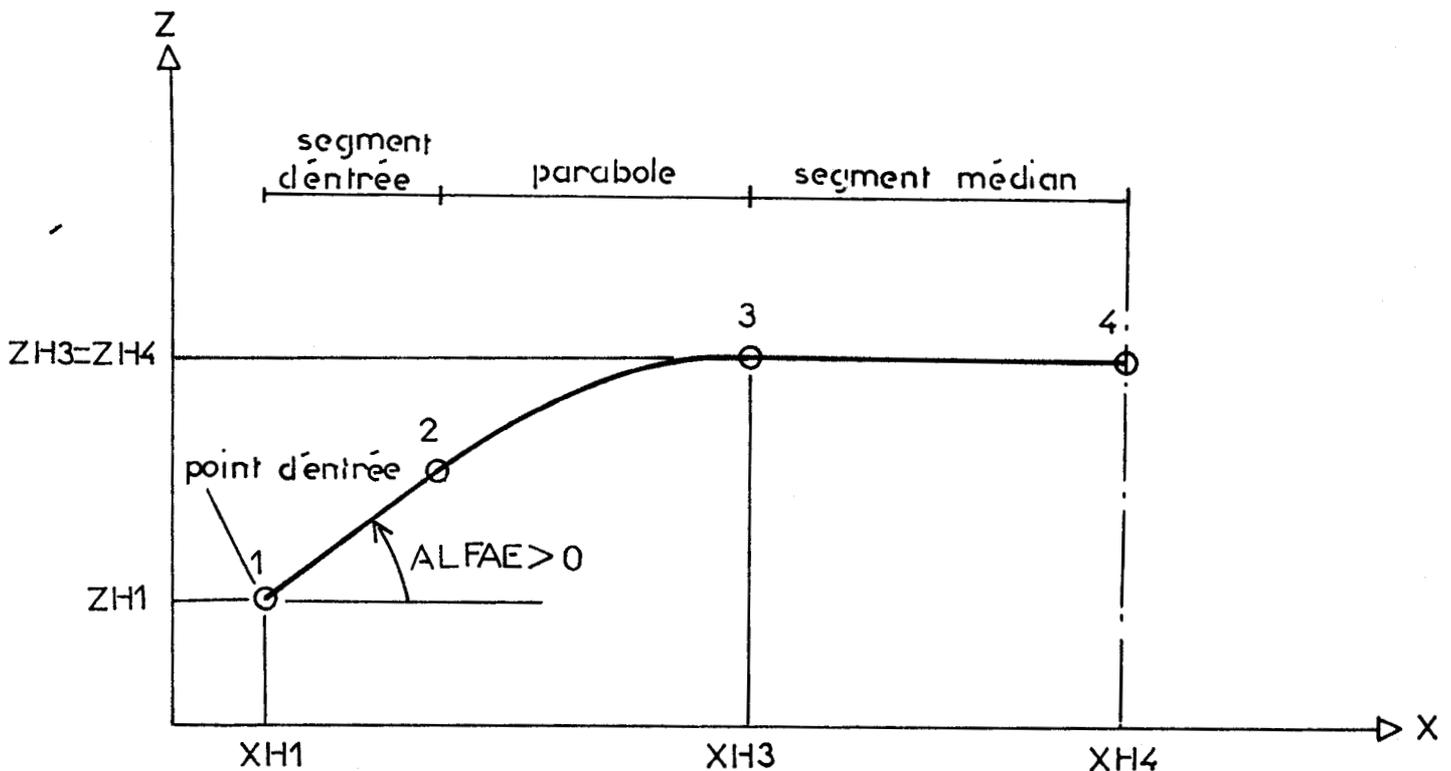
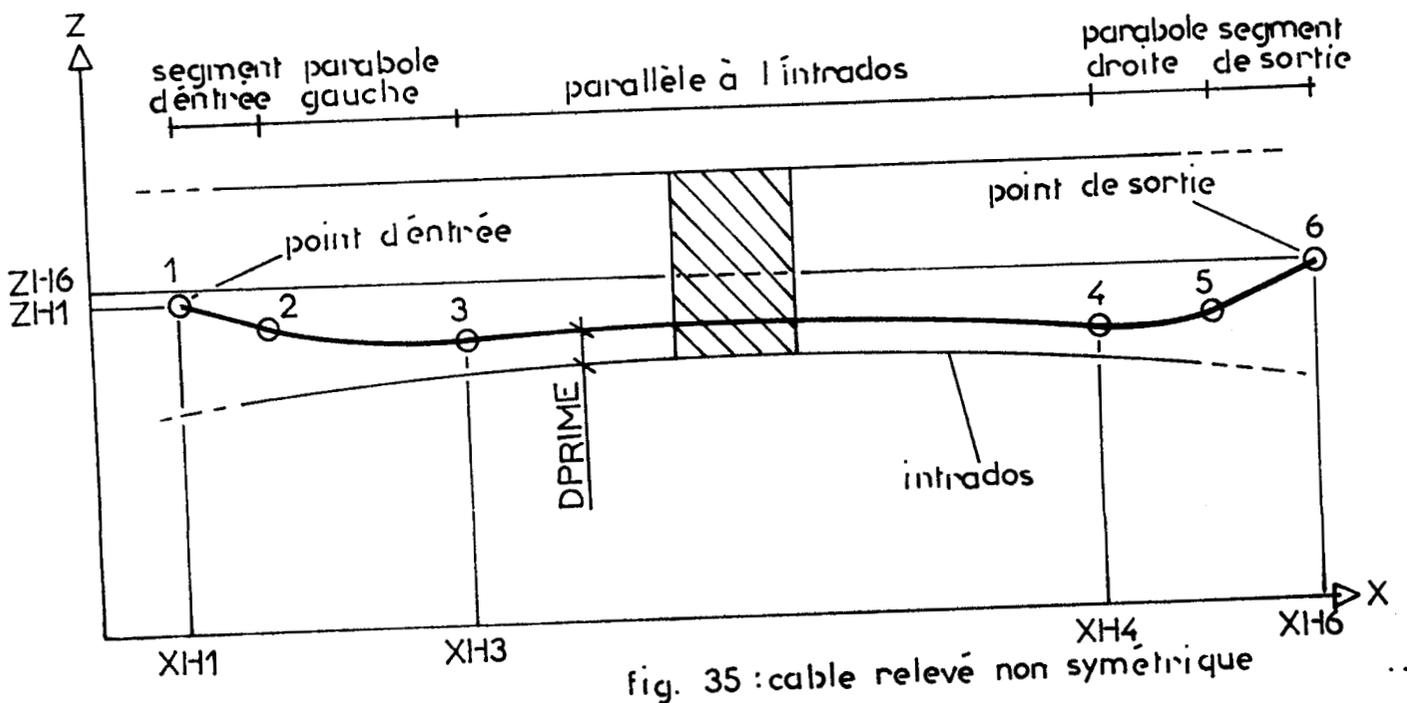
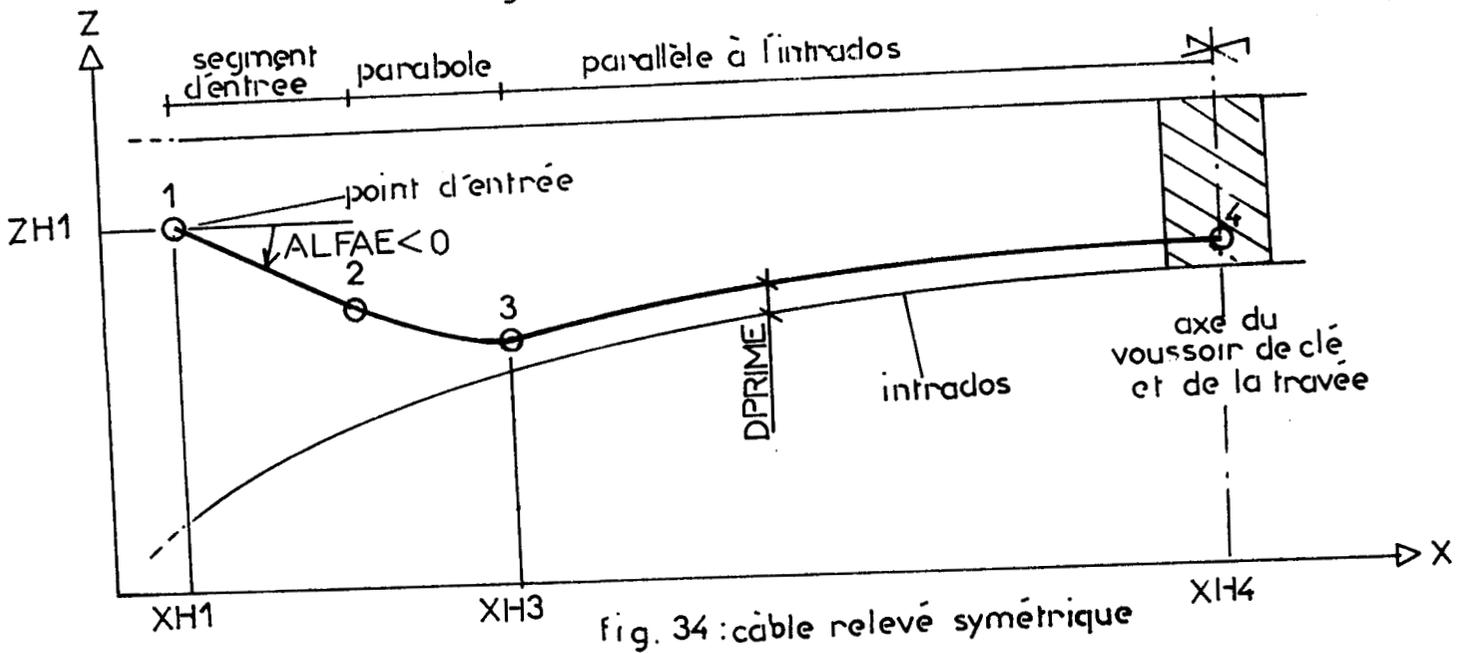
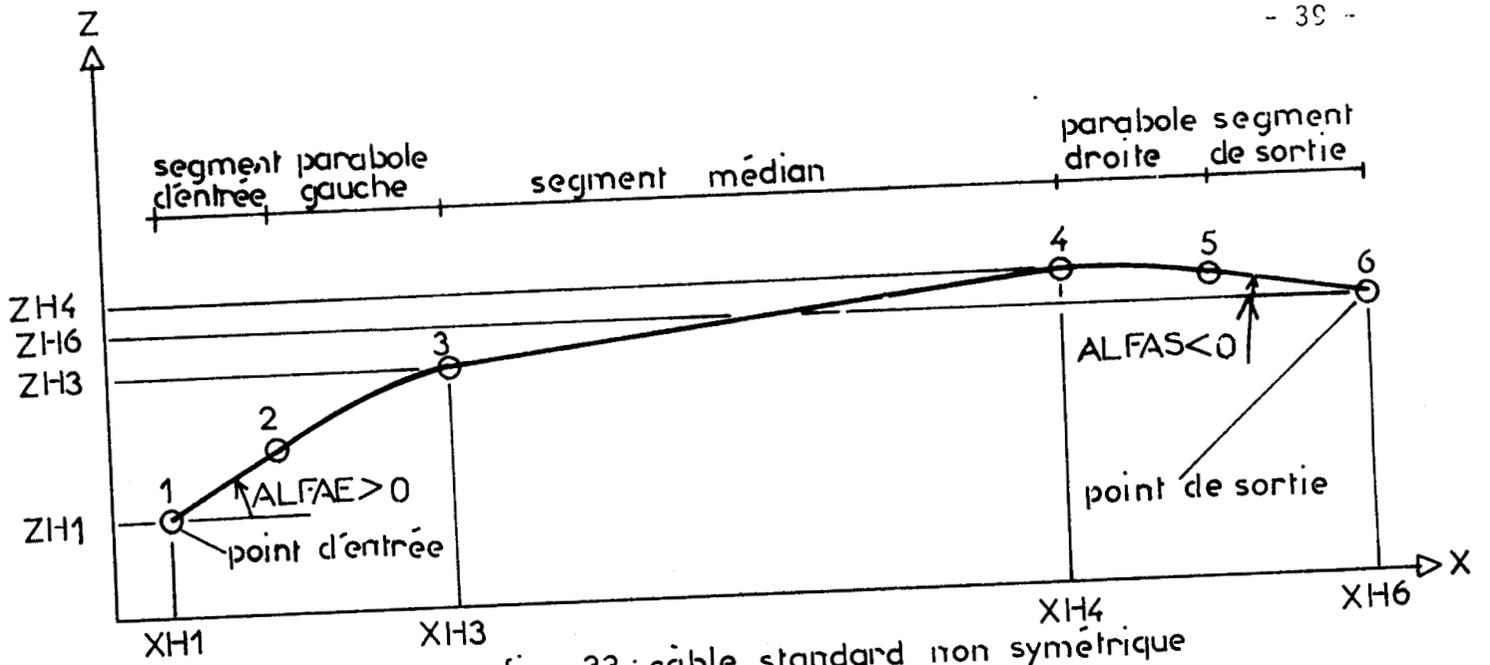


fig. 32: câble standard symétrique



La parabole de gauche est définie par trois conditions :

- elle est tangente au segment d'entrée,
- elle est tangente à l'abscisse XH3 à la parabole qui interpole la parallèle à l'intrados entre la section d'abscisse XH3 et deux sections voisines (condition double).

La parabole de droite est définie de façon analogue.

Si le programme rencontre une impossibilité géométrique, par exemple intrados rectiligne angle d'entrée nul et point d'entrée situé à DPRIME de l'intrados, il considère que la partie gauche du câble est une courbe parallèle à l'intrados. Ceci peut se produire aussi dans la partie droite (partie sur cintre d'une travée de rive). On peut également entrer un câble s'arrêtant dans le hourdis inférieur en supposant que le segment d'entrée ou de sortie est de longueur faible et que l'angle d'entrée ou de sortie est égal à l'angle existant entre la tangente à l'intrados et l'axe Ox

III.4 - CABLES PAR POINTS

On utilisera les bordereaux n° 19, 20 ou 21 selon le nombre de points à fournir en barrant soigneusement les lignes non remplies.

Concernant les câbles par points le programme a besoin que soient définis au moins tous les points d'un câble donné dont les abscisses coïncident avec les sections de calcul traversées par ce câble.

En vue d'obtenir ce résultat, le précompilateur interpole linéairement les points manquants entre ceux donnés. Pour plus de détails, on peut se reporter à la pièce 5, chapitre Fonctionnement du précompilateur.

Toutefois l'utilisateur doit savoir que le câble définitif résultant, ayant subi l'opération précédente, doit avoir au maximum 50 points s'il est dissymétrique et 25 s'il est symétrique. Il faut donc s'efforcer de choisir les points donnés en concordance avec les sections de calcul pour ne pas dépasser cette limite.

Si un câble comporte une partie rectiligne de longueur importante, on peut ne donner que les points de début et de fin (voir paragraphe III.1 pour la signification de ALPHA, SYM,S, I1 et T0).

NBP Nombre de points fournis par l'utilisateur. Celui-ci pourra être augmenté par le programme si l'opération d'interpolation l'exige. Si le câble est symétrique NBP est le nombre de points de la moitié gauche point médian compris.

X Abscisse du point courant (en mètres).

Z Cote du point courant (en mètres).

On doit obligatoirement fournir les points dans l'ordre des abscisses croissantes

CALENDRIER DE COULAGE , ORDRE DE CLAVAGE

ET CHANGEMENTS D'APPUIS

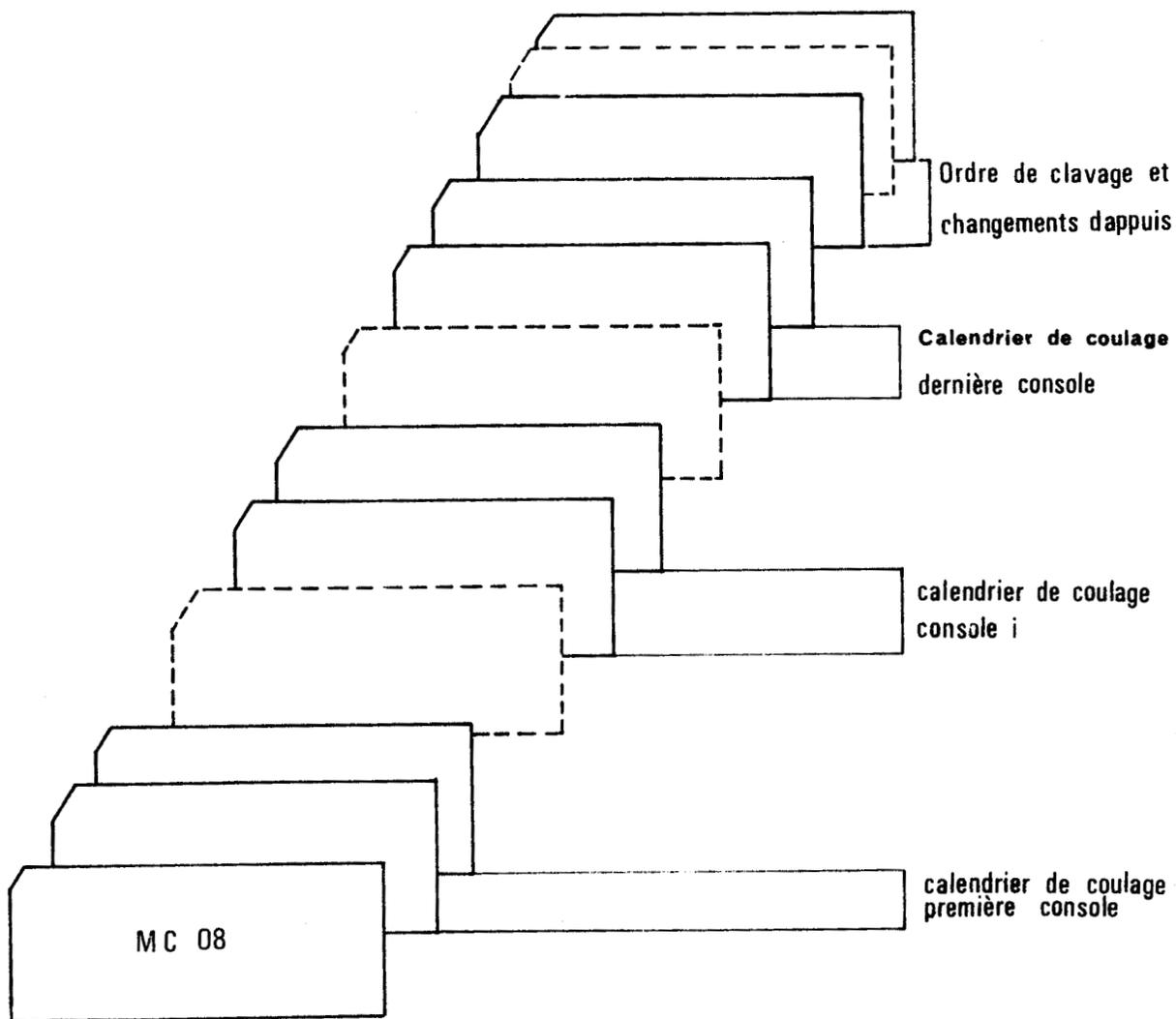


fig. 36

On fournit le calendrier de coulage de toutes les consoles formées de voussoirs définies ou non en parcourant le pont de gauche à droite sans omission ni interversion.

Toutes les durées sont exprimées en jours et dixièmes de jour.

A partir des données du calendrier de coulage le programme détermine l'ordre de clavage résultant et les intervalles de temps entre clavages. Cet ordre de clavage sera pris en compte s'il n'est pas identique à celui fourni par l'utilisateur.

Il y a donc lieu d'indiquer des temps cohérents pour le calendrier de coulage.

La carte MC 08 (bordereau n° 22)préremplie est placée en tête. Pour la suite :

- Si les voussoirs sont préfabriqués et les intervalles de temps constants on utilise le bordereau n° 23 à raison d'une carte par console.
- Si les voussoirs sont préfabriqués et les intervalles de temps non constants, on utilise pour chaque console un bordereau n° 24 en barrant s'il y a lieu les lignes non utilisées.
- Si les voussoirs sont coulés en place et les intervalles de temps constants on utilise le bordereau n° 25 à raison d'une ligne par console.
- Enfin, utiliser un bordereau n° 26 par console en barrant s'il y a lieu les lignes inutilisées si les voussoirs sont coulés en place et les intervalles de temps non constants.
- Pour l'ordre de clavage des travées, utiliser le bordereau n° 27.

IV.1 - VOUSSOIRS PREFABRIQUES (IPREF = 1)

- a) intervalles constants pour les voussoirs autres que le premier (sur pile ou sur culée) et le dernier de chaque console (IVØCON = 1)

CARTE PIC

Premier Voussoir	Δ 1	âge du voussoir sur pile lors de la mise en tension des câbles qui s'y arrêtent.
	Δ 2	intervalle de temps entre cette mise en tension et l'avancement du chariot.
	Δ 3	intervalle de temps entre cet avancement et la mise en place du voussoir suivant.
	Δ 4	intervalle de temps entre cette mise en place et la mise en tension des câbles qui s'y arrêtent.

Voussoir courant	$\Delta 1$	âge du voussoir courant (éventuellement âge fictif compte tenu de l'étuvage) lors de la mise en tension des câbles qui s'y arrêtent.
	$\Delta 2$	intervalle de temps entre cette mise en tension et l'avancement du chariot.
	$\Delta 3$	intervalle de temps entre cet avancement et la mise en place du voussoir suivant.
	$\Delta 4$	intervalle de temps entre cette mise en place et la mise en tension des câbles qui s'arrêtent au voussoir suivant.
Dernier voussoir	$\Delta 1$	âge du dernier voussoir lors de la mise en tension des câbles qui s'y arrêtent.
	$\Delta 2$	intervalle de temps entre cette mise en tension et le remplacement du chariot par l'échafaudage suspendu.
	$\Delta 3$	Intervalle de temps entre ce remplacement et le coulage du voussoir de clé.

b) Intervalles non constants (IVOCØN = 0).

CARTES PIV 01 à PIV 04

Voussoir i	$\Delta 1$	âge du i ^{ème} voussoir (éventuellement âge fictif compte tenu de l'étuvage) lors de la mise en tension des câbles qui s'y arrêtent.
	$\Delta 2$	intervalle de temps entre cette mise en tension et l'avancement du chariot.
	$\Delta 3$	intervalle de temps entre cet avancement et la mise en place du voussoir suivant.
	$\Delta 4$	intervalle de temps entre cette mise en place et la mise en tension des câbles qui s'arrêtent au voussoir suivant.

Pour le dernier voussoir $\Delta 2$ représente l'intervalle de temps entre la mise en tension des câbles qui s'arrêtent entre le dernier voussoir et le voussoir de clé et le remplacement du chariot par un échafaudage suspendu, $\Delta 3$ représente l'intervalle de temps entre cette dernière opération et le coulage du voussoir de clé, $\Delta 4$ n'a pas à figurer.

IV.2 - VOUSSOIRS COULES EN PLACE (IPREF = 0)

a) Intervalles constants (IVOCØN = 1)

CARTE CIC

Premier voussoir	<p>Δ 1 âge du voussoir sur pile lors de la mise en tension des câbles s'arrêtant à son extrémité.</p> <p>Δ 2 intervalle de temps entre cette mise en tension et l'avancement du chariot.</p> <p>Δ 3 intervalle de temps entre cet avancement et le coulage du béton du deuxième voussoir.</p>
Voussoir courant	<p>Δ 1 âge du voussoir courant lors de la mise en tension des câbles s'arrêtant à son extrémité.</p> <p>Δ 2 intervalle de temps entre cette mise en tension et l'avancement du chariot.</p> <p>Δ 3 intervalle de temps entre cet avancement et le coulage du béton du voussoir suivant.</p>
Dernier voussoir	<p>Δ 1 âge du dernier voussoir lors de la mise en tension des câbles s'y arrêtant.</p> <p>Δ 2 intervalle de temps entre cette mise en tension et le remplacement du chariot par l'échafaudage suspendu.</p> <p>Δ 3 intervalle de temps entre cette opération et le coulage du voussoir de clé.</p>

b) Intervalles non constants (IVOCØN = 0)

CARTES CIV 01 à CIV 03

Voussoir i	<p>Δ 1 âge du i^{ème} voussoir lors de la mise en tension des câbles s'y arrêtant.</p> <p>Δ 2 intervalle de temps entre cette mise en tension et l'avancement du chariot.</p> <p>Δ 3 intervalle de temps entre cet avancement et le coulage du voussoir suivant.</p>
------------	--

Pour le dernier voussoir, Δ 2 représente l'intervalle de temps entre la mise en tension des câbles qui s'arrêtent entre ce dernier voussoir et le voussoir de clé d'une part, le remplacement du chariot par l'échafaudage suspendu d'autre part, Δ 3 représente l'intervalle de temps entre cette dernière opération et le coulage du voussoir de clé.

.../...

IV.3 - ORDRE DE CLAVAGE DES TRAVEES ET CHANGEMENTS D'APPUIS

CARTE CC A

Ces cartes sont rangées dans l'ordre des différents clavages à raison d'une carte par clavage (NTRA cartes).

- ICLAVE Numéro de la travée clavée.
- NCHAP Nombre de changements d'appuis opérés après ce clavage et avant le suivant.
Si ce nombre est nul, laisser en blanc les cases suivantes.
- IAC (1) Numéro du premier appui changé.
D'une façon générale :
- IAC (i) Numéro du i^{ème} appui changé.
i varie de 1 à NCHAP.

Remarque : si certains appuis définitifs tiennent lieu d'appuis provisoires, ils ne subissent aucun changement.

V STRUCTURE DU GROUPE DE DONNEES

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D'APPUIS

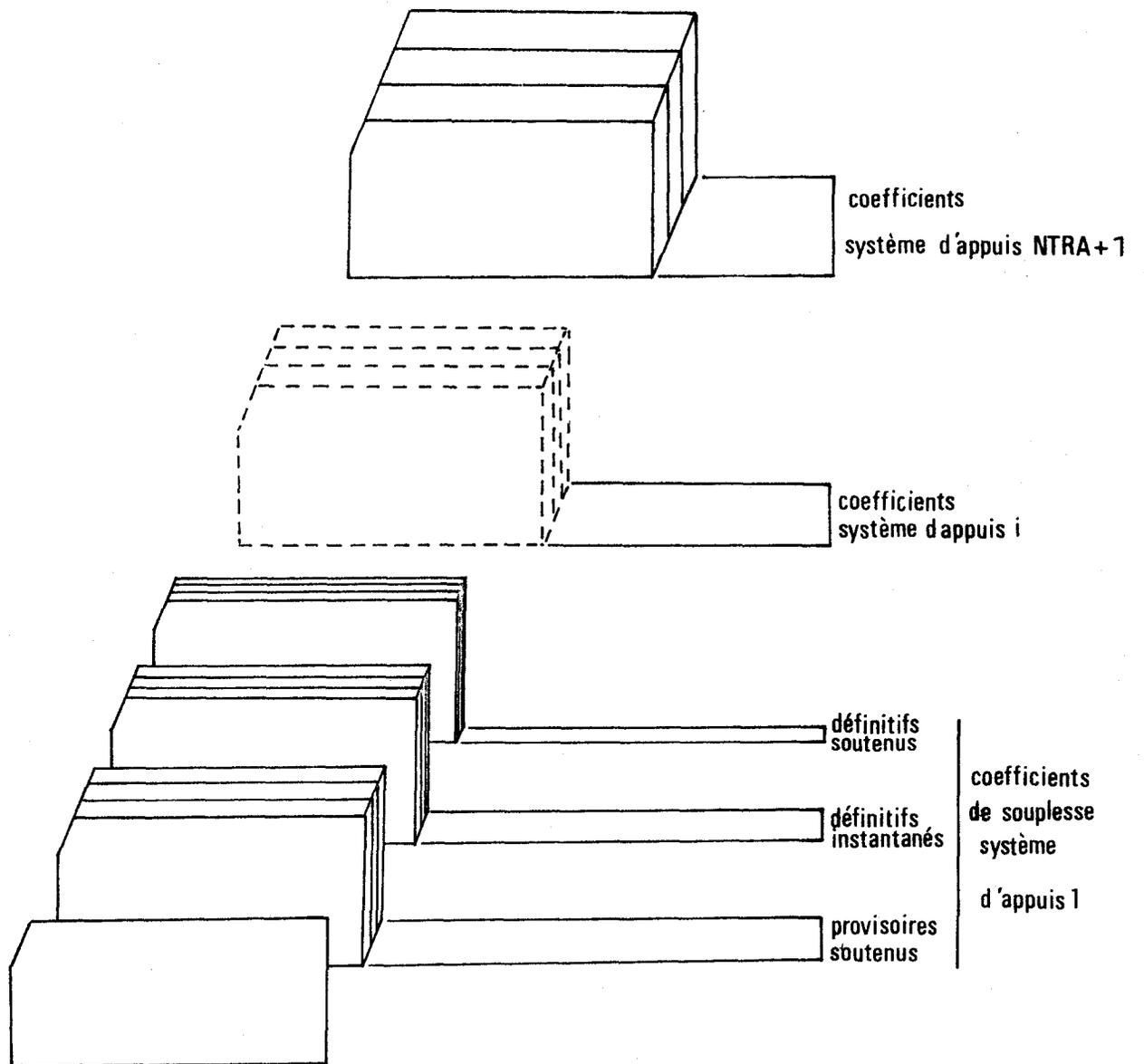


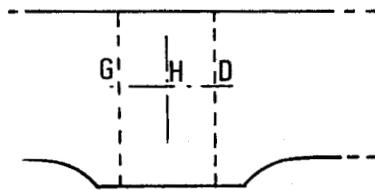
Fig. 37

La carte MC 09 (Bordereau n° 28), préremplie, est placée en tête. On fournit les coefficients de souplesse dans l'ordre croissant des numéros de systèmes d'appuis à raison de 12 cartes pour chacun et dans l'ordre indiqué par la figure 37.

Ces coefficients sont définis dans la pièce 6 - 1 . La Méthode de calcul qui les emploie est décrite dans la pièce 5 chapitre : module continuité.

Pour chaque système d'appuis, on peut obtenir ces coefficients de plusieurs manières :

- Si le système d'appuis est assimilable à un appui simple ou à un encastrement parfait, il suffit de le signaler en répondant au questionnaire ci-après ; dans ce cas, le gestionnaire du système se charge d'introduire les coefficients adéquats.
- Utilisation du module "APPUIS", dans ce cas, il y a lieu de fournir les données correspondantes (voir
- Calcul des 21 coefficients à partir de quatre autres (A,B,C et D) à fournir de manière informelle et définis ainsi : (on suppose alors la portion de tablier liée au système d'appuis infiniment rigide).



G : c. d. g. section gauche
 D " " droite
 H milieu de GD

$$\begin{pmatrix} \theta \\ u \\ v \end{pmatrix}_H = \begin{pmatrix} A & -B & 0 \\ -B & C & 0 \\ 0 & 0 & D \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} M \\ N \\ T \end{pmatrix}_H$$

- On peut également calculer ces coefficients par une méthode quelconque, il y a lieu dans ce cas de remplir les bordereaux n° 29.

CARTE CS01 S11 coefficient s11 de la matrice définie dans la pièce 6 - (format E12.6).
 S12 coefficient s12 de cette matrice etc...
 NSA numéro d'ordre du système d'appuis.
 CDP Indiquer D pour un système d'appuis définitifs
 P pour un système d'appuis provisoires
 CIS Indiquer I pour les coefficients instantanés
 S pour les coefficients soutenus.

Pour les cartes CS02 à CS04, la description est analogue.

- QUESTIONNAIRE -

Précisions à fournir sur feuille séparée et en clair.

- 1) Doit-on ou non prendre en compte les câbles de continuité dans les première et dernière sections de calcul traversées (voir pièce 1 et pièce 5 chapitre module continuité).
- 2) Si la chaussée est de largeur variable, indiquer quels sont les numéros des sections de calcul où se produisent les changements, dans l'ordre et les largeurs (corrigées par a_1 et a_2) correspondantes à prendre en compte pour A (\mathcal{L}). (On suppose qu'entre deux sections ci-dessus consécutives, la variation est linéaire).
- 3) Quels sont les intervalles de temps qui séparent les différents clavages.
- 4) Concernant chaque système d'appuis et chacun des trois types de coefficients (provisoires soutenus, définitifs instantanés et définitifs soutenus) indiquer leur mode de détermination choisi parmi les quatre définis à la page précédente, et éventuellement les coefficients A, B, C et D. Bien évidemment, s'il y a identité ou symétrie entre deux systèmes d'appuis, il suffit de le signaler en clair pour le deuxième.

L'utilisateur doit également indiquer :

- Le nom, l'adresse et le téléphone de la personne à laquelle devront être expédiées les notes de calculs et la correspondance.
- Ceux de la personne à laquelle devront être expédiées les factures.
- Le nombre d'exemplaires photoréduits désirés de la note de calculs (format 21 x 29,7).
- S'il désire un exemplaire imprimé (format 28 x 38).

S Y S T E M E V . E . P .

- ANNEXE I (PIECE 2) -

- Renseignements complémentaires nécessaires à un traitement niveau C par le système V.E.P.

L'utilisateur doit fournir, parmi les données suivantes, toutes celles qui ne figurent pas sur les documents transmis au gestionnaire du programme.

(Dans la suite de ce document, toutes les références concernent la pièce n° 2 "Commentaire des bordereaux de données".)

- 1 - L'intitulé de l'ouvrage qui figurera en tête de la note de calculs électronique ; le titre de page de la note de calculs.
- 2 - Pour chaque type de câble employé les renseignements suivants (cf. pages 9 et 10).

- . Diamètre de la gaine,
- . Section du câble,
- . Recul de l'ancrage,
- . La perte de tension relative par unité de longueur φ ,
- . Le coefficient de frottement dans les courbes F,
- . Rel 1000 et Rel 3000, relaxations à 1000 et 3000 heures,
- . La contrainte de rupture R_g d'un fil.

- . Le coefficient K1 utilisé pour le calcul de perte par non simultanéité,
- . Le module d'Young de l'acier,
- . Le coefficient d'équivalence acier-béton n,
- . L'exposant γ de la fonction donnant les pertes par relaxation en fonction du temps.

L'utilisateur devra indiquer, d'autre part, pour chaque câble (cf. pages 35 et 36) :

- . La tension initiale T_0 ,
- . Le type du câble S,
- . L'indice de mise en tension SYM.

- 3 - Aciers pour étriers.

- . Limite élastique,
- . Contrainte de rupture.

4 - Caractéristiques relatives au béton (cf. page 11).

- . Type de ciment employé (CPA ou HRI),
- . Masse volumique du béton,
- . Résistance à la compression à 28 jours,
- . Coefficient de fluage ϕ ,
- . Retrait final.

5 - Procédé de construction (cf. page 11).

- . Voussoirs préfabriqués ou coulés en place,
- . Intervalles de coulage constants ou non,
- . Utilisation ou non d'un équipage mobile,
- . Dans le cas où on coule un hourdis complémentaire (destiné par exemple à lier deux caissons), le retard du coulage de ce hourdis.

6 - Charges (cf. pages 12 et 13).

- . Charge répartie due aux superstructures,
- . Largeur de chaussée,
- . Surcharge de trottoirs,
- . Majoration de la charge permanente,
- . Caractéristiques de l'équipage mobile,
- . Caractéristiques de l'équipage de clavage,
- . Données relatives à l'étude du gradient thermique, (cf. pages 14 et 15).

7 - Calendrier de coulage, ordre de clavage et changements d'appuis :

- . L'âge des parties coulées sur cintre (s'il y a lieu) lors de la mise en tension des câbles de continuité les traversant (cf. page 11).
- . L'âge du voussoir de clavage lors de la mise en tension des câbles de continuité correspondants (cf. page 11).
- . Les données relatives aux intervalles de temps entre les différentes phases telles qu'elles sont définies dans le commentaire des bordereaux de données (cf. pages 42 à 44).

REMARQUE : Si l'utilisateur ne dispose pas d'un calendrier de coulage exact, le centre de calculs y suppléera en prenant un calendrier plausible.

- . L'ordre de clavage, et les changements d'appuis (cf. page 45).

8 - Coefficients de souplesse des systèmes d'appuis (définis dans la pièce 6 - 1 et dans la pièce 2 pages 46 et 47).

. Pour chaque système d'appuis l'utilisateur peut fournir dans certains cas ses coefficients, dans d'autres cas quelques données permettront de les calculer. Si le gestionnaire doit utiliser le module APPUIS, toutes les données permettant le calcul des coefficients et ne figurant pas sur les documents transmis doivent lui être fournies.

9 - Toutes les précisions demandées dans le questionnaire (page 48).

VEP 77

SETRA

SYSTEME DE VERIFICATION

DIVISION DES
OUVRAGES D'ART A

DE POUTRES EN BETON PRECONTRAIN CONSTRUITES PAR ENCORBELLEMENT

	Page 3	DONNEE																																				
CARTE DG 11	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">12</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">16</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">20</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">cm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">mm²</td> <td></td> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D(5)</td> <td></td> <td style="text-align: center;">ω (5)</td> <td></td> <td style="text-align: center;">RAN(5)</td> <td style="text-align: center;">ψ (5)</td> <td></td> <td style="text-align: center;">F(5)</td> <td></td> <td style="text-align: center;">REL₀₈(5)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		4		9		12		16		20		2	cm		mm ²		mm	%							D(5)		ω (5)		RAN(5)	ψ (5)		F(5)		REL ₀₈ (5)			
	4		9		12		16		20		2																											
cm		mm ²		mm	%																																	
D(5)		ω (5)		RAN(5)	ψ (5)		F(5)		REL ₀₈ (5)																													
CARTE DG 04	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">10</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">15</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">20</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">25</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 0 0 0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ICAS</td> <td style="text-align: center;">ICOUL</td> <td style="text-align: center;">NTRA</td> <td style="text-align: center;">NBEP</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">NBSE 1</td> </tr> </table>		10	15	20	25	30	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	ICAS	ICOUL	NTRA	NBEP	NBSE 1		DONNEES GEN																		
	10	15	20	25	30																																	
0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0																																	
ICAS	ICOUL	NTRA	NBEP	NBSE 1																																		
Page 1	DONNEES GENERALES																																					
<p>Bordereaux de données</p> <p>PIECE n° 3</p>																																						

LES CONTRECALQUES DES BORDEREAUX DE DONNEES
PEUVENT ETRE FOURNIS AUX UTILISATEURS DU
SYSTEME SUR SIMPLE DEMANDE

DONNEES GENERALES

LES CARTES NON BARREES DOIVENT FIGURER COMME CARTES VIERGES DANS LES DONNEES

CARTE DG 01

10	20	30	40	50	60	70	80
INTITULE DE L'OUVRAGE							

CARTE DG 02

10	20	30	40	50	60	70	80
INTITULE DE L'OUVRAGE (SUITE)							

CARTE DG 03

10	20	30	40	50
TITRE DE PAGE DE LA NOTE DE CALCULS				

DONNEES GENERALES

BORDEREAU N° 2 V.E.P.

	10	15	20	25	30	35
CARTE DG 04	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0
	ICAS	ICOUL	NTRA	NBEP	NBSE 1	NBSE 2

	5	10	15	20	25	30	35	40	45
CARTE DG 05	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PORTEE (1)	PORTEE (2)	PORTEE (3)	PORTEE (4)	PORTEE (5)	PORTEE (6)	PORTEE (7)	PORTEE (8)	PORTEE (9)

	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
CARTE DG 06	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	HLAP(1)	HLAP(2)	HLAP(3)	HLAP(4)	HLAP(5)	HLAP(6)	HLAP(7)	HLAP(8)	HLAP(9)	HLAP(10)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45
CARTE DG 07	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	VOCLE(1)	VOCLE (2)	VOCLE (3)	VOCLE (4)	VOCLE (5)	VOCLE (6)	VOCLE (7)	VOCLE (8)	VOCLE (9)

	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
CARTE DG 08																				
	NCA(1)	NCA(2)	NCA(3)	NCA(4)	NCA(5)	NCA(6)	NCA(7)	NCA(8)	NCA(9)	NCA(10)	NCPT	NCT(1)	NCT(2)	NCT(3)	NCT(4)	NCT(5)	NCT(6)	NCT(7)	NCT(8)	NCT(9)

	4	9	12	16	20	25	30	34	39	42	46	50	55	60
CARTE DG 09	cm	mm ²	mm %				hba	cm	mm ²	mm %				hba
	D (1)	ω (1)	RAN(1)	ψ (1)	F (1)	REL _{0,8} ^{∞} (1)	RG (1)	D (2)	ω (2)	RAN(2)	ψ (2)	F (2)	REL _{0,8} ^{∞} (2)	RG (2)

	4	9	12	16	20	25	30	34	39	42	46	50	55	60
CARTE DG 10	cm	mm ²	mm %				hba	cm	mm ²	mm %				hba
	D (3)	ω (3)	RAN(3)	ψ (3)	F (3)	REL _{0,8} ^{∞} (3)	RG (3)	D (4)	ω (4)	RAN(4)	ψ (4)	F 4	REL _{0,8} ^{∞} (4)	RG (4)

DONNEES GENERALES

BORDEREAU N° 3 V.E.P.

	4	9	12	16	20	25	30
CARTE DG 11	cm	m ²	m m %				hba
	D(5)	ω (5)	RAN(5)	ψ (5)	F (5)	REL ₀₈ ∞(5)	RG (5)

	3	9	12	16
CARTE DG 12		hba		
	K1	EA	PETITN	GG

	3	6
CARTE DG 13	hba	hba
	σ _{en}	σ _{arg}

	1	4	8	11	14
CARTE DG 14	t/m ³		ba		10 ⁻⁴
	ICIM	MASVOL	σ ₂₈	φ	RAU

	1	2	3	5	10	15
CARTE DG 15					J	J
	IPREF	IVOCON	ICHAR	MREHOU	BETRIV	TCOCA 2

	4	8	12	16	21	26	30	34	39	43
CARTE DG 16	KdaN / m	m	KdaN / m	%	KdaN	KdaN	m	m	KdaN	m
	Q SUP	KA	BETA	MAJCP	Q 2	Q	PETID2	PETID	PECHA	DSEC

DONNEES GENERALES

BORDEREAU N° 4 V.E.P.

CARTE DG 17

3	6	9	12
N1	NF1	N2	NF2

CARTE DG 18

5	10	15
°C	°C	10 ⁵
TETA 1	TETA 2	QSI

CARTE DG 19

5
RK 2

CARTE DG 20

																				50

CARTE DG 21

2	4	6	8	10	12	14	16	18		22	24	26	28	30	32	34	36	38
IDCØD		ISYCØD																
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

CARTE DG 22

2	4	6	8	10	12	14	16	18		22	24	26	28	30	32	34	36	38
IDCØG		ISYCØG																
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)



DONNEES GENERALES

ABSCISSES DES SECTIONS EN PARTIE COULEE SUR CINTRE

CARTE XS 01

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
XSEC (1)	XSEC (2)	XSEC (3)	XSEC (4)	XSEC (5)	XSEC (6)	XSEC (7)	XSEC (8)	XSEC (9)	XSEC (10)	XSEC (11)	XSEC (12)

CARTE XS 02

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
XSEC (13)	XSEC (14)	XSEC (15)	XSEC (16)	XSEC (17)	XSEC (18)	XSEC (19)	XSEC (20)	XSEC (21)	XSEC (22)	XSEC (23)	XSEC (24)

(SI LE NOMBRE DE SECTIONS EST INFERIEUR OU EGAL A 12 BARRER
EN CROIX LA DEUXIEME CARTE)

DONNEES GENERALES

CONSOLES COURANTES

BORDEREAU N ° 6 V.E.P.

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

CARTE CC

		4		8		12		16		18		22	
	m				m				m				m
	HLV				HLV 1				DAPPRO				DVERIF T
									NVOU				DVER 1

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



DONNEES GENERALES

BORDEREAU N ° 7 V.E.P.

CONSOLES A ETUDIER EN PHASE DE CONSTRUCTION

CARTE ETUD

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IETU(1)	IETU(2)	IETU(3)	IETU(4)	IETU(5)	IETU(6)	IETU(7)	IETU(8)	IETU(9)	IETU(10)

DONNEES GENERALES

NOMBRES DE CABLES PARTIELS

BORDEREAU N° 8 V.E.P.

Page

CARTE NC 01

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (1,1)		NCABSD (1,1)		NCAPSY (1,1)		NCASSY (1,1)		NCABPT (1,2)		NCABSD (1,2)		NCAPSY (1,2)		NCASSY (1,2)		NCABRE (1)		NCARSY (1)	

CARTE NC 02

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (2,1)		NCABSD (2,1)		NCAPSY (2,1)		NCASSY (2,1)		NCABPT (2,2)		NCABSD (2,2)		NCAPSY (2,2)		NCASSY (2,2)		NCABRE (2)		NCARSY (2)	

CARTE NC 03

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (3,1)		NCABSD (3,1)		NCAPSY (3,1)		NCASSY (3,1)		NCABPT (3,2)		NCABSD (3,2)		NCAPSY (3,2)		NCASSY (3,2)		NCABRE (3)		NCARSY (3)	

CARTE NC 04

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (4,1)		NCABSD (4,1)		NCAPSY (4,1)		NCASSY (4,1)		NCABPT (4,2)		NCABSD (4,2)		NCAPSY (4,2)		NCASSY (4,2)		NCABRE (4)		NCARSY (4)	

CARTE NC 05

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (5,1)		NCABSD (5,1)		NCAPSY (5,1)		NCASSY (5,1)		NCABPT (5,2)		NCABSD (5,2)		NCAPSY (5,2)		NCASSY (5,2)		NCABRE (5)		NCARSY (5)	

CARTE NC 06

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (6,1)		NCABSD (6,1)		NCAPSY (6,1)		NCASSY (6,1)		NCABPT (6,2)		NCABSD (6,2)		NCAPSY (6,2)		NCASSY (6,2)		NCABRE (6)		NCARSY (6)	

CARTE NC 07

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (7,1)		NCABSD (7,1)		NCAPSY (7,1)		NCASSY (7,1)		NCABPT (7,2)		NCABSD (7,2)		NCAPSY (7,2)		NCASSY (7,2)		NCABRE (7)		NCARSY (7)	

CARTE NC 08

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (8,1)		NCABSD (8,1)		NCAPSY (8,1)		NCASSY (8,1)		NCABPT (8,2)		NCABSD (8,2)		NCAPSY (8,2)		NCASSY (8,2)		NCABRE (8)		NCARSY (8)	

CARTE NC 09

5	10	15	20	25	30	35	40	45	50										
NCABPT (9,1)		NCABSD (9,1)		NCAPSY (9,1)		NCASSY (9,1)		NCABPT (9,2)		NCABSD (9,2)		NCAPSY (9,2)		NCASSY (9,2)		NCABRE (9)		NCARSY (9)	

CARTE NC 10

5	10	15	20	25	30	35	40								
NCABPT (10,1)		NCABSD (10,1)		NCAPSY (10,1)		NCASSY (10,1)		NCPT 1		NCPT 2		NCPT 3		NCPT 4	

SECTIONS

Page

SECTION DE REFERENCE (CONTOUR EXTERIEUR)

BORDEREAU N° 10 V.E.P.

CARTE CSR 01

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 1				POINT 2				POINT 3				POINT 4			

CARTE CSR 02

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 5				POINT 6				POINT 7				POINT 8			

CARTE CSR 03

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC
POINT 9				POINT 10				POINT 11				POINT 12			

CARTE CSR 04

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 13				POINT 14				POINT 15				POINT 16			

CARTE CSR 05

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 17				POINT 18				POINT 19				POINT 20			

CARTE CSR 06

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 21				POINT 22				POINT 23				POINT 24			

CARTE CSR 07

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 25				POINT 26				POINT 27				POINT 28			

CARTE CSR 08

6	9	15	18	24	27	33	36
m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC
POINT 29				POINT 30			

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

Page

SECTION DE REFERENCE (EVIDEMENT NUMERO) BORDEREAU N° 11 V.E.P.

CARTE ESR 01

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 1				POINT 2				POINT 3				POINT 4			

CARTE ESR 02

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 5				POINT 6				POINT 7				POINT 8			

CARTE ESR 03

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE
POINT 9				POINT 10				POINT 11				POINT 12			

CARTE ESR 04

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 13				POINT 14				POINT 15				POINT 16			

CARTE ESR 05

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 17				POINT 18				POINT 19				POINT 20			

CARTE ESR 06

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 21				POINT 22				POINT 23				POINT 24			

CARTE ESR 07

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 25				POINT 26				POINT 27				POINT 28			

CARTE ESR 08

6	9	15	18	24	27	33	36
m		m		m		m	
YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE
POINT 29				POINT 30			

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



SECTIONS

SECTION COURANTE (CONTOUR EXTERIEUR)

CARTE	PC	01	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72		
			ISEC	PC (1)	PC (2)	PC (3)	PC (4)	PC (5)	PC (6)	PC (7)	PC 8	PC (9)	PC (10)	PC (11)		

CARTE	PC	02	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	
				PC (12)	PC (13)	PC (14)	PC (15)	PC (16)	PC (17)	PC (18)	PC (19)	PC (20)	PC (21)	PC (22)	

CARTE	PC	03	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	
				PC (23)	PC (24)	PC (25)	PC (26)	PC (27)	PC (28)	PC (29)	PC (30)	PC (31)	PC (32)	PC (33)	

CARTE	PC	04	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	
				PC (34)	PC (35)	PC (36)	PC (37)	PC (38)	PC (39)	PC (40)	PC (41)	PC (42)	PC (43)	PC (44)	

CARTE	PC	05	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	
				PC (45)	PC (46)	PC (47)	PC (48)	PC (49)	PC (50)	PC (51)	PC (52)	PC (53)	PC (54)	PC (55)	

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



SECTIONS

SECTION COURANTE (EVIDEMENT NUMERO)

CARTE PE 01

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PE (1)	PE (2)	PE (3)	PE (4)	PE (5)	PE (6)	PE (7)	PE (8)	PE (9)	PE (10)	PE (11)

CARTE PE 02

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PE (12)	PE (13)	PE (14)	PE (15)	PE (16)	PE (17)	PE (18)	PE (19)	PE (20)	PE (21)	PE (22)

CARTE PE 03

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PE (23)	PE (24)	PE (25)	PE (26)	PE (27)	PE (28)	PE (29)	PE (30)	PE (31)	PE (32)	PE (33)

CARTE PE 04

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PE (34)	PE (35)	PE (36)	PE (37)	PE (38)	PE (39)	PE (40)	PE (41)	PE (42)	PE (43)	PE (44)

CARTE PE 05

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PE (45)	PE (46)	PE (47)	PE (48)	PE (49)	PE (50)	PE (51)	PE (52)	PE (53)	PE (54)	PE (55)

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



SECTIONS

SECTION COURANTE (ENCOCHE , HOURDIS DROIT , HOURDIS GAUCHE)

		12	18	24	30
CARTE EN 01		m	m	m	m
		PY(NDE+1)	PZ(NDE+1)	PY(NDE+2)	PZ(NDE+2)

		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE HD 01		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PYHD(1)	PZHD(1)	PYHD(2)	PZHD(2)	PYHD(3)	PZHD(3)	PYHD(4)	PZHD(4)	PYHD(4)	PZHD(4)	PYHD(6)

		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE HD 02		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PZHD(6)	PYHD(7)	PZHD(7)	PYHD(8)	PZHD(8)	PYHD(9)	PZHD(9)	PYHD(10)	PZHD(10)	PYHD(11)	PZHD(11)

		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE HG 01		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PYHG(1)	PZHG(1)	PYHG(2)	PZHG(2)	PYHG(3)	PZHG(3)	PYHG(4)	PZHG(4)	PYHG(5)	PZHG(5)	PYHG(6)

		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE HG 02		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PZHG(6)	PYHG(7)	PZHG(7)	PYHG(8)	PZHG(8)	PYHG(9)	PZHG(9)	PYHG(10)	PZHG(10)	PYHG(11)	PZHG(11)

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

--

CABLES

CARTES MOTS - CLES

BORDEREAU N ° 16 V.E.P.

	10	20	28	30																										
CARTE MC 02	C	A	B	L	E	S		D	E		C	O	N	T	I	N	U	I	T	E		T	R	A	V	E	E			
																												N	T	

	10	20	28	30																										
CARTE MC 03	C	A	B	L	E	S		C	H	A	P	E	A	U	X		A	P	P	U	I									
																												N	A	

	10	20	30	36																																
CARTE MC 04	C	A	B	L	E	S		C	O	U	R	A	N	T		S	U	R		P	L	U	S		D		U	N	E		T	R	A	V	E	E

	10	15													
CARTE MC 05	C	A	B	L	E	S		S	T	A	N	D	A	R	D

	10	14												
CARTE MC 06	C	A	B	L	E	S		R	E	L	E	V	E	S

	10	17															
CARTE MC 07	C	A	B	L	E	S		P	A	R		P	O	I	N	T	S

(COMPLETER S'IL Y A LIEU ET BARRER EN CROIX
LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CABLES PAR POINTS (MOINS DE 19 POINTS)

BORDEREAU N° 19 V.E.P.

	5		8	9	11		15		18
ALPHA		SYM	S	I	11	TO _{hba}		NBP	

6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
X _m	Z _m										

	5		8	9	11		15		18
ALPHA		SYM	S	I	11	TO _{hba}		NBP	

6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
X _m	Z _m										

	5		8	9	11		15		18
ALPHA		SYM	S	I	11	TO _{hba}		NBP	

6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
X _m	Z _m										

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



CALENDRIER DE COULAGE ORDRE DE CLAVAGE ET CHANGEMENTS D' APPUIS

CARTE MOTS - CLES

CARTE MC 08

10										20										30										40										50										62											
C	A	L	E	N	D	R	I	E	R	D	E	C	O	U	L	A	G	E	O	R	D	R	E	D	E	C	L	A	V	A	G	E	E	T	C	H	A	N	G	E	M	E	N	T	S	D	A	P	P	U	I	S									



CALENDRIER DE COULAGE

BORDEREAU N ° 23 V.E.P.

VOUSOIRS PREFABRIQUES , INTERVALLES CONSTANTS

CARTE PIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSOIR				VOUSOIR COURANT				DERNIER VOUSOIR		

CONSOLE N °

CARTE PIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSOIR				VOUSOIR COURANT				DERNIER VOUSOIR		

CONSOLE N °

CARTE PIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 4	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSOIR				VOUSOIR COURANT				DERNIER VOUSOIR		

CONSOLE N °

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



CALENDRIER DE COULAGE

BORDEREAU N ° 24 V.E.P.

VOUSOIRS PREFABRIQUES , INTERVALLES NON CONSTANTS (CONSOLE N °)

CARTE PIV 01

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	
j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ1	Δ2	Δ3	Δ4																					
VOUSOIR 1				VOUSOIR 2				VOUSOIR 3				VOUSOIR 4				VOUSOIR 5				VOUSOIR 6				

CARTE PIV 02

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	
j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	
VOUSOIR 7				VOUSOIR 8				VOUSOIR 9				VOUSOIR 10				VOUSOIR 11				VOUSOIR 12				

CARTE PIV 03

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	
j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ1	Δ2	Δ3	Δ4																					
VOUSOIR 13				VOUSOIR 14				VOUSOIR 15				VOUSOIR 16				VOUSOIR 17				VOUSOIR 18				

CARTE PIV 04

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	
j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ1	Δ2	Δ3	Δ4																					
VOUSOIR 19				VOUSOIR 20				VOUSOIR 21				VOUSOIR 22				VOUSOIR 23				VOUSOIR 24				

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



CALENDRIER DE COULAGE

BORDEREAU N ° 25 V.E.P.

VOUSSOIRS COULES EN PLACE , INTERVALLES CONSTANTS

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSOIR			VOUSOIR COURANT			DERNIER VOUSOIR		

CONSOLE N °

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSOIR			VOUSOIR COURANT			DERNIER VOUSOIR		

CONSOLE N °

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSOIR			VOUSOIR COURANT			DERNIER VOUSOIR		

CONSOLE N °

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



CALENDRIER DE COULAGE

VOUSSOIRS COULES EN PLACE, INTERVALLES NON CONSTANTS (CONSOLE N °)

CARTE CIV 01

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	
J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Δ1	Δ2	Δ3																						
VOUSSOIR 1			VOUSSOIR 2			VOUSSOIR 3			VOUSSOIR 4			VOUSSOIR 5			VOUSSOIR 6			VOUSSOIR 7			VOUSSOIR 8			

CARTE CIV 02

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	
J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Δ1	Δ2	Δ3	Δ1	Δ2	Δ3	Δ1	Δ2	Δ3	Δ1	Δ2	Δ3	Δ1	Δ2	Δ3	Δ1	Δ2	Δ3	Δ1	Δ2	Δ3	Δ1	Δ2	Δ3	
VOUSSOIR 9			VOUSSOIR 10			VOUSSOIR 11			VOUSSOIR 12			VOUSSOIR 13			VOUSSOIR 14			VOUSSOIR 15			VOUSSOIR 16			

CARTE CIV 03

3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	
J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Δ1	Δ2	Δ3																						
VOUSSOIR 17			VOUSSOIR 18			VOUSSOIR 19			VOUSSOIR 20			VOUSSOIR 21			VOUSSOIR 22			VOUSSOIR 23			VOUSSOIR 24			

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)



COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D' APPUIS

CARTE MOTS - CLES

CARTE MC 09

10										20										30										40										47						
C	O	E	F	F	I	C	I	E	N	T	S	D	E	S	O	U	P	L	E	S	S	E	D	E	S	S	Y	S	T	E	M	E	S	D	A	P	P	U	I	S						



COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D' APPUIS

CARTE CS 01

	12	24	36	48	60	72	75	76	77	78
	S 11	S 12	S 22	S 13	S 23	S 33	NSA	CDP	CIS	1

CARTE CS 02

	12	24	36	48	60	72	75	76	77	78
	S 14	S 24	S 34	S 44	S 15	S 25	NSA	CDP	CIS	2

CARTE CS 03

	12	24	36	48	60	72	75	76	77	78
	S 35	S 45	S 55	S 16	S 26	S 36	NSA	CDP	CIS	3

CARTE CS 04

	12	24	36				75	76	77	78
	S 46	S 56	S 66				NSA	CDP	CIS	4

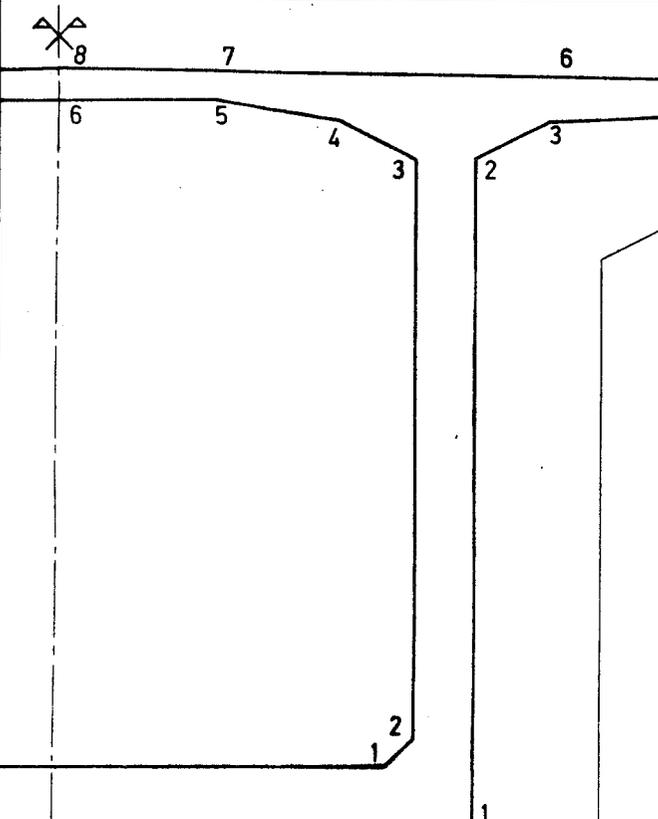
VEP 77

SETRA

SYSTEME DE VERIFICATION

DIVISION DES
OUVRAGES D'ART A

DE POUTRES EN BETON PRECONTRAIT CONSTRUITES PAR ENCORBELLEMENT



Page 10

		6		9		15	
	m	2	7	0	2	-	5
							0
							0
YC				NYC		ZC	NZ
POINT 1							

		6		9		15	
	m	3	2	0	2	-	0
							5
							4
YC				NYC		ZC	NZ
POINT 5							

		6		9		15	
	m	-	1	0	2	-	0
							1
							0
YC				NYC		ZC	NZ
POINT 9							

CARTE CSR 01

CARTE CSR 02

CARTE CSR 03

Exemple type

PIECE n°4

- REMARQUES CONCERNANT L'EXEMPLE TYPE -

LE PONT TRAITE EN EXEMPLE EST DERIVE D'UN OUVRAGE
REEL MODIFIE POUR LE RENDRE PLUS SIMPLE.

CE DOCUMENT EST UNIQUEMENT DESTINE A AIDER
L'UTILISATEUR A REMPLIR LE BORDEREAU DE DONNEES
ET NE DOIT EN AUCUN CAS SERVIR DE REFERENCE POUR
L'ETABLISSEMENT D'UN PROJET.

S Y S T E M E V . E . P .

EXEMPLE TYPE

I - INTRODUCTION

Le but de cette pièce est d'aider l'utilisateur à remplir les bordereaux de données.

Nous avons traité dans cet exemple le cas courant d'un pont à trois travées, symétrique, dont une partie des travées de rive est coulée sur cintre. Les systèmes d'appuis définitifs comportent tous une seule file d'appuis.

Dans les pages qui suivent, on trouvera la description des données définissant l'ouvrage.

Sont jointes les pièces suivantes :

- la coupe longitudinale du demi-ouvrage et de son câblage,
- la coupe transversale sur appui 2 servant de section de référence,
- le dessin automatique de contrôle,
- les bordereaux de données remplis nécessaires au traitement des systèmes d'appuis 2 (provisoire et définitif) par le module APPUIS,
- les bordereaux de données remplis décrivant les données générales, le coffrage, le câblage, le calendrier de coulage, l'ordre de clavage et les changements d'appuis ainsi que les coefficients de souplesse des systèmes d'appuis 1 (provisoire et définitif),
- la liste des données et les résultats du module APPUIS, relatifs aux systèmes d'appuis 2 (provisoire et définitif),
- la liste complète des données du PRECOMPILATEUR et des extraits des sorties de ce module.

II - DONNEES GENERALES

II.1 - Caractéristiques principales.

- . Les travées de rive comportent une partie coulée sur cintre donc ICAS = 3
- . Un hourdis complémentaire est coulé en place donc ICOUL = 1
- . Nombre de travées NTRA = 3
- . Le caisson formant le pont comporte un seul évidement donc NBEP = 1
- . Le nombre de sections de définition des travées 1 et 3 est 19 soit NBSE1 = NBSE2 = 19 (sont exclues les sections dans l'axe des systèmes d'appuis définitifs)

De plus, il faut indiquer :

- . Le nombre total de sections traversées par le câble de continuité le plus long de chaque travée de rive, soit N1 = N2 = 21, c'est-à-dire qu'un câble court sur toute la longueur de chaque travée de rive.

- Le nombre de sections dans chaque partie coulée sur cintre, extrémités comprises, soit $NF1 = NF2 = 5$ (ce sont les sections 100, 1001 et 101 à 103 pour la travée de rive gauche et 314 à 316, 3002 et 400 pour la travée de rive droite).
- Les portées sont dans l'ordre 55,00 ; 90,00 ; 55,00 mètres.
- Les systèmes d'appuis définitifs ne sont pas dédoublés longitudinalement, il est donc convenu de considérer que les demi-longueurs liées aux systèmes d'appuis définitifs sont :

$$HLAP (1) = HLAP (4) = 0,05 \text{ sur culée}$$

$$HLAP (2) = HLAP (3) = 0,01 \text{ sur pile}$$

- La longueur du voussoir de clé de la travée 2 est 2,18 mètres soit $VOCLE (2) = 2,18$.
- Nombre de câbles sur appuis et en travées (cartes DG 06). Il y a 24 câbles de tracés distincts sur les appuis 2 et 3 ; en réalité il y a deux câbles correspondant à chaque tracé (un dans chaque âme) et on en tiendra compte en leur affectant un "poids" égal à 2 lors de leur définition (voir paramètre II dans les cartes câbles).

Il y a 9 câbles de continuité en travées 1 et 3 et 13 en travée centrale (même remarque concernant leur poids).

Les câbles 1T09 et 2T09 ne sont pas considérés comme couvrant plus d'une travée car il ne traversent pas la première section de la travée adjacente.

Le nombre de câbles de continuité courant sur plus d'une travée est nul $NCPT = 0$.

II.2 - Caractéristiques relatives aux aciers.

On utilise un seul type de câble (type 1) dont les caractéristiques sont les suivantes :

- diamètre du trou de passage $D(1) = 7,0 \text{ cm}$
- section $\omega (1) = 1116 \text{ mm}^2$
- recul du cône d'ancrage $RAN(1) = 12,0 \text{ mm}$
- coefficient de déviation parasite en ligne droite $0,0016 \varphi (1) = 0,16 \%$
- coefficient de frottement courbe $F(1) = 0,18$
- relaxation
 - $rel_{1000} = 5 \%$
 - $rel_{3000} = \text{inconnu donc } REL_{0,800} (1) = 12 \%$

D'autre part on prendra $\delta = 0,19$ soit $GG = 0,19$

- contrainte de rupture $RG = 181 \text{ hba}$

../..

- . coefficient pour le calcul des pertes par non simultanéité $K_1 = 0,72$
- . module d'Young de l'acier utilisé $EA = 19000,0 \text{ hba}$
- . coefficient d'équivalence acier-béton $PETITN = 5,0$
- . aciers pour étriers $\sigma_{en} = 42,0 \text{ hba}$ $\sigma_{arg} = 48,5 \text{ hba}$

II.3 - Caractéristiques relatives au béton.

- . ciment C.P.A. soit $ICIM = 1$
- . masse volumique $MAS VOL = 2,5 \text{ t/m}^3$
- . $\sigma_{28} = 350,0 \text{ bars}$
- . fluage $\Phi = 2,0$
- . retrait final $2,5 \times 10^{-4}$ soit $RAU = 2,5$.

II.4 - Caractéristiques relatives à la construction.

- . les voussoirs sont coulés en place $IPREF = 0$
- . les intervalles de coulage sont constants $IWOCON = 1$
- . on utilise un chariot donc $ICHAR = 1$
- . le retard de coulage du hourdis complémentaire est de $NREHOU = 2 \text{ cycles}$
- .   ge du béton coulé sur cintre de la travée de rive au moment de la mise en tension des câbles correspondants $BETRIV = 8 \text{ jours}$
- . intervalle de temps entre fin de coulage du voussoir de clé et mise en tension des câbles de continuité de la travée centrale $TCOCA2 = 7 \text{ jours}$

Les autres renseignements concernant le calendrier de coulage sont donnés au chapitre VI.

II.5 - Caractéristiques relatives aux charges.

- . superstructures $QSUP = 3,82 \text{ kdaN/m}$
- . KA ; largeur chargeable : 7,0 mètres
 - $a_1 = 1$
 - $a_2 = 1$ soit $KA = 7,0 \text{ m}$

.../...

- . surcharge de trottoirs $BETA = 0,45 \text{ kdaN/m}$
- . majoration de la charge permanente $MAJCP = 2,0 \%$
- . appareillages mobiles :

Chariot : poids total $Q = 45 \text{ kdaN}$

partie de ce poids reportée sur le voussoir
qui vient d'être achevé $Q_2 = 35 \text{ kdaN}$

PETITD = 1,50 m

PETITD2 = 2,57 m

(voir commentaire des bordereaux de données fig 9)

Echafaudage suspendu :

Pour couler le voussoir de clé, on utilise le chariot précédent auquel on enlève son contrepoids et que l'on cale sur l'autre console, cela donne :

- . poids de l'échafaudage $PECHA = 20,0 \text{ kdaN}$
et $DSEC = 2,57 \text{ m}$

(voir commentaire des bordereaux de données fig.10).

- . étude des gradients thermiques :
Coefficient de dilatation 1×10^{-5} soit $QSI = 1,0$
- . TETA1 et TETA2 sont pris selon la circulaire du 2 Avril 1975 respectivement égaux à 10,0 et 5,0 degrés.
- . redistribution d'efforts internes par fluage ; selon la circulaire précitée $RK2 = 0,5$

II.6 - Etude des consoles.

Etant donné que l'ouvrage est symétrique, on ne décrira et n'étudiera que les consoles constituant sa moitié gauche.

On indique sur les cartes DG 21 et DG 22 que :

- la console droite de la travée 2 est symétrique de la console gauche de cette même travée $ISYC\text{Ø}D(2) = 2$.
- la console gauche de la travée 3 est symétrique de la console droite de la travée 1 $ISYC\text{Ø}G(3) = 1$.
- la console droite de la travée 3 est symétrique de la console gauche de la travée 1 $ISYC\text{Ø}D(3) = 1$. (il s'agit en fait des parties coulées sur cintre).
- les autres termes sont nuls.

../..

III - DONNEES RELATIVES AUX CONSOLES ET AUX NOMBRES DE CABLES.

III.1 - Consoles.

Pour définir la console gauche de la travée 1 on donne d'abord NF1 - 1 c'est-à-dire 4 abscisses de sections dans la partie coulée sur cintre (sections 1001, 101, 102 et 103). *

On définit ensuite la console droite de la travée 1 puis la console gauche de la travée 2.

Les autres consoles ne sont pas à définir puisqu'elles se déduisent des précédentes par symétries.

- Description de la console droite de la travée 1

- . Longueur du voussoir courant $HLV = 3,07 \text{ m}$
- . Longueur de la partie de voussoir sur appui 2 appartenant à la console $HLV1 = 4,00 \text{ m}$
- . Distance entre l'axe du système d'appuis définitifs et l'appui provisoire $DAPPRO = 2,00 \text{ m}$
- . Distance entre l'axe du système d'appuis définitifs et la section de vérification au cisaillement après changement d'appui (section non fournie) $1,80 \text{ m}$, donc $DVERIFT = - 0,20 \text{ m}$
- . Distance entre l'appui provisoire et la section de vérification au cisaillement avant changement d'appui $DVER1 = 1,70 \text{ m}$

- . Nombre de voussoirs courants $NVOU = 13$

La console gauche de la travée 2 a même description.

III.2 - Carte ETUD.

Les données correspondantes sont déduites des cartes DG 21, DG 22, (voir II.6).

- . On étudie la console située à droite de l'appui 1 (il s'agit en fait de la partie coulée sur cintre).
- . On étudie la console située à gauche de l'appui 2.
- . On étudie la console située à droite de l'appui 2.

en conséquence $IETU (1) = 2$

$IETU (2) = 3$

Les autres valeurs sont nulles.

$IETU (3) = 0$

$IETU (4) = 0$

* L'appui provisoire coïncidant avec l'appui définitif, la section 1001 est à $0,05 \text{ m}$ de la section 100.

III.3 - Nombres de câbles partiels.

- Appui 1 : il n'y a pas de câbles chapeaux puisque la travée de rive est de mode C.
- Travée 1 : il y a 9 câbles de tracés distincts, 7 sont définis comme relevés et non symétriques (1T01 à 1T07) et 2 sont définis par points et non symétriques (1T08 et 1T09).
- Appui 2 : il y a 24 câbles chapeaux standard dont 20 sont symétriques (1A01 à 1A20) et 4 non symétriques (1A21 à 1A24).
- Travée 2 : il y a 13 câbles de continuité dont 11 sont définis comme relevés symétriques (2T01 à 2T11), un par points et symétrique (2T12) et un standard et symétrique (2T13).

Les nombres de câbles sur appuis 3 et 4 en travée 3 sont déduits des précédents par symétrie.

IV - DESCRIPTION DES SECTIONS.

Le groupe des cartes sections définit d'abord la section de référence puis 37 sections courantes en parcourant le pont de gauche à droite, de 100 à 214. La partie droite du pont n'est pas à définir. (Les sections de vérification au cisaillement après changements d'appuis ne sont pas fournies).

IV.1 - Section de référence.

Il a été choisi dans cet exemple la section sur appui 2 mais on aurait pu prendre une autre section. Les sections courantes étant déduites de celle-ci par des variations de coordonnée.

Ce choix conduit à des variations de cotes positives.

La section est présentée en annexe.

Signalons cependant que :

- le nombre de points du contour extérieur est de $NBSCE = 15$
- il y a un évidement avec 11 points de définition $NBSEPI = 11$
- le sommet correspondant au début du hourdis complémentaire droit est $NDH = 3$
- le nombre de sommets supplémentaires pour le hourdis droit est $NBDH = 2$
- le sommet correspondant au début du hourdis gauche est $NGH = 10$
- le nombre de sommets supplémentaires pour le hourdis gauche est $NBGH = 2$
- il n'y a pas d'encoche et NDE reste vierge.

../..

Choix des indices NYC, NZC, NYE et NZE.

Tout au long de l'ouvrage seules varient la hauteur du caisson et l'épaisseur du hourdis inférieur.

Seuls les points du contour 1 et 15 subissent la même variation en Z ; on leur affectera l'indice NZC = 1.

Tous les autres points du contour ne varient pas en Z d'une section à l'autre ni en Y ; on leur affectera donc l'indice commun NZC = 2 et NYC = 2 correspondant à la variation nulle.

Concernant l'évidement, seuls les points 1, 2, 10 et 11 vont varier en Z de la même quantité, ils reçoivent l'indice commun NZE = 1.

Les autres points de l'évidement ne varient ni en Y ni en Z, donc ils reçoivent les indices communs NYE = 2 et NZE = 2 correspondant à la variation nulle pour l'évidement.

Hourdis complémentaires :

Dans la section de référence on considère que le hourdis n'est pas coulé ce qui revient à dire que les points 4, 5, 11 et 12 sont respectivement confondus avec les points 3, 6, 10 et 13.

Au moment de la définition des sections, on donnera des quantités PYHD (i), PZHD (i), PYHG (i) et PZHG (i) qui donneront le contour après coulage du hourdis complémentaire (voir ci-après).

IV.2 - Sections de vérification.

Examinons le cas de la section 100 pour voir comment elle est définie par rapport à la section de référence.

CONTOUR DE REFERENCE

EVIDEMENT DE REFERENCE

Points	Y _{ref.}	NYC	Z _{ref.}	NZC
1	2,70	2	-5,000	1
2	2,70	2	-0,594	2
3	3,20	2	-0,354	2
4 *	3,20	2	-0,354	2
5 *	3,20	2	-0,054	2
6	3,20	2	-0,054	2
7	1,00	2	-0,010	2
8	0,00	2	0,000	2
9	- 1,00	2	-0,010	2
10	- 3,20	2	-0,054	2
11 *	- 3,20	2	-0,054	2
12 *	- 3,20	2	-0,354	2
13	- 3,20	2	-0,354	2
14	- 2,70	2	-0,594	2
15	- 2,70	2	-5,00	1

Points	Y _{ref.}	NYE	Z _{ref.}	NZE
1	2,15	2	-4,610	1
2	2,30	2	-4,460	1
3	2,30	2	-0,594	2
4	1,80	2	-0,326	2
5	1,00	2	-0,200	2
6	0,00	2	-0,200	2
7	- 1,00	2	-0,200	2
8	- 1,80	2	-0,326	2
9	- 2,30	2	-0,594	2
10	- 2,30	2	-4,460	1
11	- 2,15	2	-4,610	1

* avant coulage des hourdis complémentaires.

Pour la section 100 on a

PC (1) = 2,80 m

PC (2) = 0 (laissé en blanc)

PYHD (1) = 1,85 m (correspondant au passage en Y du point 4 section de référence du point 4 section 100 avec hourdis)

PZHD (1) = 0,083 m (même remarque en Z)

PYHD (2) = 1,85 m

PZHD (2) = -0,037 m

PYHG (1) = - 1,85 m

PZHG (1) = - 0,037 m

PYHG (2) = - 1,85

PZHG (2) = 0,083 m

.../...

Donc pour obtenir le contour de la section 100, il faut ajouter d'abord tous les PC :

ZC (point 1) devient égale à $ZC (1) + PC (1) = - 5,00 + 2,80 = - 2,20$ m
puisque NZC (point 1) = 1.

De même :

ZC (point 15) devient égale à $ZC (15) + PC (1) = -5,00 + 2,80 = - 2,20$ m
puisque NZC (point 15) = 1.

Toutes les autres coordonnées restent inchangées puisque on leur ajoute PC (2) = 0 correspondant à un NYC et NZC commun égal à 2.

Ensuite il faut ajouter les hourdis complémentaires.

YC (4) devient $YC (4) + PYHD (1) = 3,20 + 1,85 = 5,05$ m

ZC (4) devient $ZC (4) + PZHD (1) = - 0,354 + 0,083 = - 0,271$ m

YC (5) devient $YC (5) + PYHG (2) = 3,20 + 1,85 = 5,05$ m

ZC (5) devient $ZC (5) + PZHG (2) = - 0,054 - 0,037 = - 0,091$ m

YC (11) devient $YC (11) + PYHG (1) = - 3,20 - 1,85 = - 5,05$ m

ZC (11) devient $ZC (11) + PZHG (1) = - 0,054 - 0,037 = - 0,091$ m

YC (12) devient $YC (12) + PYHG (2) = - 3,20 - 1,85 = - 5,05$ m

ZC (12) devient $ZC (12) + PZHG (2) = - 0,354 + 0,083 = - 0,271$ m

Tous les autres points restent inchangés.

Pour l'évidement on raisonne de façon analogue.

PE (1) = 2,62 m

PE (2) = 0 (laissé en blanc)

ZE (1) devient $ZE (1) + PE (1) = - 4,610 + 2,620 = - 1,990$ m

ZE (2) devient $ZE (2) + PE (1) = - 4,460 + 2,620 = - 1,840$ m

ZE (10) devient $ZE (10) + PE (1) = - 4,460 + 2,62 = - 1,840$ m

ZE (11) devient $ZE (11) + PE (1) = - 4,610 + 2,62 = - 1,990$ m

Tous les autres points restent inchangés puisqu'on leur ajoute en Y et en Z une variation PE (2) = 0 .

Ce qui donne pour la section 100 :

.../...

CONTOUR

EVIDEMENT

Points	YC	ZC
1	2,700	-2,200
2	2,70	-0,594
3	3,20	-0,354
4	5,05	-0,271
5	5,05	-0,091
6	3,20	-0,054
7	1,00	-0,010
8	0,00	0,000
9	-1,00	-0,010
10	-3,20	-0,054
11	-5,05	-0,091
12	-5,05	-0,271
13	-3,20	-0,354
14	-2,70	-0,594
15	-2,70	-2,20

Points	YE	ZE
1	2,15	-1,990
2	2,30	-1,840
3	2,30	-0,594
4	1,80	-0,326
5	1,00	-0,200
6	0,00	-0,200
7	-1,00	-0,200
8	-1,80	-0,326
9	-2,30	-0,594
10	-2,30	-1,840
11	-2,15	-1,990

Les autres sections sont obtenues de façon similaire.

On a utilisé les bordereaux n° 12, 13 et 14 pour la section 100 à titre d'exemple et le bordereau 15 pour les suivantes.

Exemple type

Sections de vérification

Numéro de la section	Abscisse (/ culée gauche)	Hauteur totale du caisson	PC (1) *	Epaisseur hourdis béton	PE (1) *
100	0,00	2,20	2,80	0,21	2,62
1001	0,05	2,20	2,80	0,21	2,62
101	3,69	2,20	2,80	0,21	2,62
102	7,39	2,20	2,80	0,21	2,62
103	11,09	2,20	2,80	0,21	2,62
104	14,16	2,224	2,776	0,21	2,586
105	17,23	2,273	2,727	0,21	2,547
106	20,30	2,347	2,653	0,21	2,473
107	23,37	2,447	2,553	0,21	2,373
108	26,44	2,574	2,426	0,21	2,246
109	29,51	2,727	2,273	0,23	2,113
110	32,58	2,905	2,095	0,25	1,955
111	35,65	3,109	1,881	0,27	1,771
112	38,72	3,341	1,659	0,29	1,559
113	41,79	3,598	1,402	0,31	1,322
114	44,86	3,880	1,120	0,33	1,060
115	47,93	4,137	0,863	0,35	0,823
116	51,00	4,468	0,532	0,37	0,512
1004	51,30	4,508	0,492	0,37	0,474
1002	53,00	4,734	0,266	0,38	0,256
200	55,00	5,00	0,0	0,38	0,0

* PC (1) = Hauteur section référence - Hauteur section considérée

PE (1) = PC (1) - (Epaisseur hourdis inf. section de référence - Epaisseur hourdis section considérée)

Les autres sections (2001 à 214) sont obtenues par symétrie / appui 2

V - DESCRIPTION DU CABLAGE

Etant donné l'absence de câbles de continuité courant sur plus d'une travée et le mode de construction de la travée de rive, étant donné enfin que le fléau sur appui 3 est non défini ainsi que la travée 3, le paquet de câbles comprend trois groupes que l'on peut ordonner ainsi :

- câbles de continuité en travée 1 : - câbles relevés 1T01 à 1T07
- câbles par points 1T08 à 1T09
- câbles chapeaux sur appui 2 : - câbles standard 1A01 à 1A24
- câbles de continuité en travée 2 : - câbles relevés 2T01 à 2T11
- câble par points 2T12
- câble standard 2T13

L'indicateur alphanumérique affecté à chaque câble est composé ainsi :

- Caractère 1 : numéro d'appui pour un câble chapeau, numéro de travée pour un câble de continuité.
- Caractère 2 : A pour un câble chapeau et T pour un câble de continuité.
- Caractères 3 et 4 : numéro d'ordre.

V.1 - Câbles par points non symétriques (ex. 1T08 et 1T09).

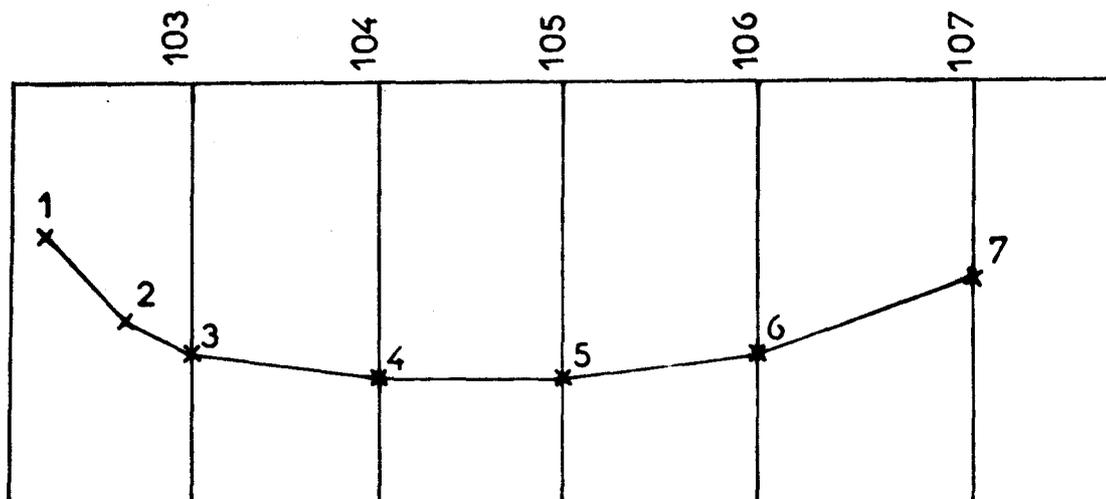
CABLE 1T08 (voir bordereau page 24)

C'est un câble de continuité dans la travée 1, donc l'origine des abscisses est sur l'appui 1.

Caractéristiques générales : symétrique tendu des 2 côtés SYM = 0
du type S = 1
il y a 2 câbles au total ayant ce tracé II = 2
la tension initiale est $T_0 = 152$ hba
le nombre de points de définition est NBP = 7.

POINT	1	2	3*	4*	5*	6*	7*
X	7,75	10,00	11,09	14,16	17,23	20,30	23,37
Z	- 0,175	- 1,200	- 1,540	- 1,890	- 1,930	- 1,210	- 0,175

* Point situé sur une section de calcul.



La section 103 est considérée comme section de début car c'est la première rencontrée en parcourant le câble de gauche à droite.

Le câble s'arrête juste à la section 107 considérée comme section de fin.

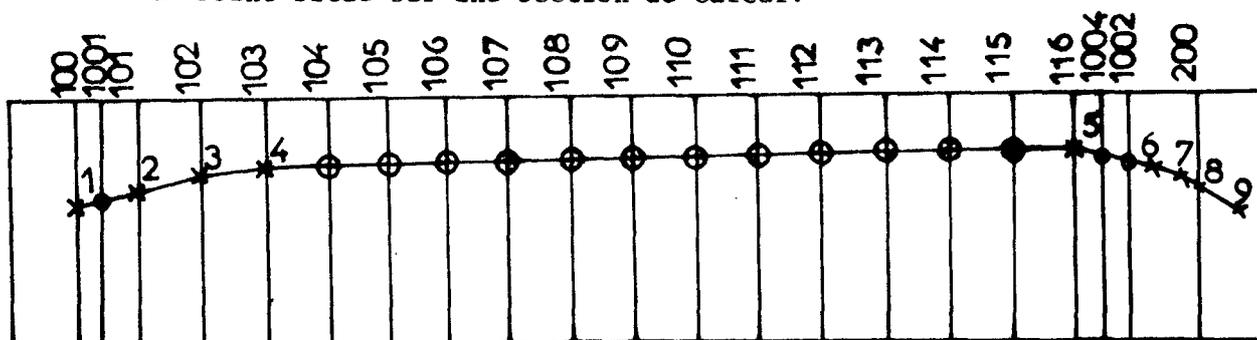
Parmi les abscisses des 7 points de définition figurent celles de toutes les sections de calcul rencontrées (103 à 107) donc le câble 1T08 n'est pas affecté par la transformation et le câble résultant 1008 a 7 points de définition confondus avec ceux donnés.

CABLE 1T09 (de continuité dans la travée I, voir bordereau page 24)

Ses caractéristiques générales sont les mêmes que celles du câble 1T08 mis à part le nombre de points de définition NBP qui vaut 9.

POINT	1*	2*	3*	4*	5*	6	7	8*	9
X	0,00	3,69	7,39	11,09	51,00	53,10	53,20	55,00	55,40
Z	-0,190	-0,150	-0,120	-0,105	-0,105	-0,110	-0,110	-0,350	-0,380

* Point situé sur une section de calcul.



x points fournis par l'utilisateur

o points interpolés par le précompilateur

.../...

** Voir pièce 5, chapitre I (fonctionnement du précompilateur).

Parmi les 9 points de définition, 6 ont des abscisses qui coïncident avec celles de sections de calcul (1, 2, 3, 4, 5 et 8 respectivement sur 100, 101, 102, 103, 116 et 200).

Le précompilateur ajoute 1 point par interpolation linéaire entre 1 et 2, 12 points entre 4 et 5 et 2 points entre 5 et 6.

Le câble 1009 résultant a donc $9 + 1 + 12 + 2 = 24$ points.

V.2 - Câble par points symétrique (ex. 2T12, voir bordereau page 30)

Ses caractéristiques générales sont les mêmes que pour 1T08 et 1 T09

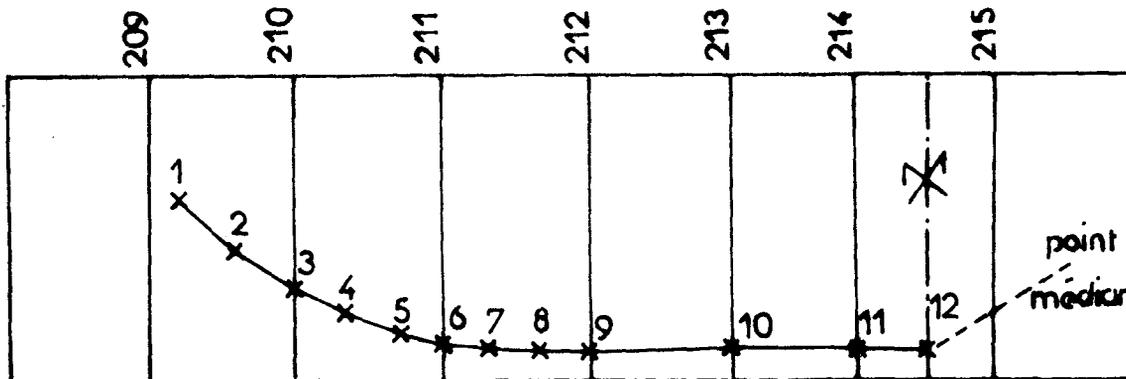
Le nombre de points de définition est 12 y compris le point médian qui est donné obligatoirement. L'indice SYM vaut 1 (câble symétrique tendu des deux côtés).

POINT	1	2	3*	4	5	6*	7	8	9*	10*	11*	12
X	30,01	30,74	31,63	32,31	33,87	34,70	35,44	37,00	37,77	40,84	43,91	45,00
Z	-0,175	-0,532	-0,933	-1,196	-1,659	-1,824	-1,924	-1,989	-1,973	-1,924	-1,900	-1,900

* point situé sur une section de calcul

C'est un câble de continuité de la travée 2 donc l'origine des abscisses est sur l'appui 2.

Parmi les 12 points donnés figurent les abscisses de toutes les sections de calcul traversées (210 à 214). Le câble issu de la transformation, 2036 est donc identique à celui défini par l'utilisateur.



x points fournis par l'utilisateur

V.3 - Câble standard symétrique (exemple 2A10, voir bordereau page 26)

C'est un câble chapeau sur l'appui 2, l'origine des abscisses est donc sur cet appui.

Caractéristiques identiques à celles de 1T08, 1T09 ou 2T12.

L'indice SYM vaut 1 (câble symétrique tendu des deux côtés).

Point d'entrée :	XH 1 = - 16,28
	ZH 1 = - 1,800
Point de raccordement :	XH 3 = - 11,41
	ZH 3 = - 0,220
Point médian :	XH 4 = 0,00
	ZH 4 = - 0,220
	(ZH 3 = ZH 4 obligatoirement)
Angle d'entrée :	ALFAE = + 24,23 degrés.

V.4 - Câble standard non symétrique (exemple 2A21, voir bordereau p.26)

C'est aussi un câble chapeau sur l'appui 2.

Caractéristiques identiques à celles de 1T08, 1T09, 2T12 ou 2A10.

SYM vaut 0 (câble non symétrique tendu des deux côtés).

Point d'entrée :	XH 1 = - 34,70
	ZH 1 = - 0,650
Point de raccordement gauche :	XH 3 = - 31,93
	ZH 3 = - 0,150
Point de raccordement droit :	XH 4 = + 31,93
	ZH 4 = - 0,150
Point de sortie :	XH 6 = + 34,70
	ZH 6 = - 0,650
Angle d'entrée :	ALFAE = + 16,60 degrés
Angle de sortie :	ALFAS = - 14,03 degrés

V.5 - Câble relevé symétrique (exemple 2T01, voir bordereau page 28)

C'est un câble de continuité de la travée 2, donc l'origine des abscisses est sur l'appui 2.

Ses caractéristiques générales sont identiques à celles des câbles précédents.

SYM vaut 1 (câble symétrique tendu des deux côtés).

Point d'entrée :	XH 1 = 38,77
	ZH 1 = - 1,800
Début de la parallèle à l'intrados :	XH 3 = 42,00
Distance câble intrados :	DPRIME = 0,10
Angle d'entrée :	ALFAE = - 6,00 degrés

Le câble par points symétrique résultant 2025 a 11 points de définition dont 2 sont situés sur les sections 213 et 214 (abscisses respectives 40,84 et 43,91).

V.6 - Câble relevé non symétrique (exemple 1T07, voir bordereau p.22)

Ses caractéristiques générales sont les mêmes que celles des câbles précédents,

SYM valant 0 (câble non symétrique tendu des deux côtés).

C'est un câble de continuité de la travée 1 donc l'origine des abscisses est sur l'appui 1.

Point d'entrée :	XH 1 = 3,25
	ZH 1 = - 0,175
Début de la parallèle à l'intrados :	XH 3 = 10,00
Fin de la parallèle à l'intrados :	XH 4 = 21,00
Distance câble intrados :	DPRIME = 0,11
Point de sortie :	XH 6 = 29,51
	ZH 6 = - 0,175
Angle d'entrée :	ALFAE = - 25,00 degrés
Angle de sortie :	ALFAS = + 25,00 degrés

./..

Le câble par points non symétrique résultant 1007 a 24 points de définition dont 9 sont situés sur des sections de calcul (101 à 109).

Remarque concernant le câble 1T01 :

Sa parabole gauche est inexistante car son segment d'entrée est aligné avec la tangente à la parabole qui interpole l'intrados au voisinage du point XH 3 = 1,00.

En réalité, dans ce cas, la parabole qui interpole l'intrados est réduite à une droite car elle est elle-même inexistante (intrados rectiligne).

VI - CALENDRIER DE COULAGE, ORDRE DE CLAVAGE ET CHANGEMENTS D'APPUI

On doit fournir le calendrier de coulage relatif à toutes les consoles formant l'ouvrage.

Les intervalles sont constants (IVOCON = 1 carte DG 15) de plus pour les quatre consoles, les voussoirs sur pile d'une part et les voussoirs courants sont construits de façon semblable :

. Voussoir sur pile :

Intervalle de temps entre son coulage et la mise en tension des câbles qui s'y arrêtent = 8 jours.

Intervalle de temps entre cette opération et l'avancement du chariot = 2 jours.

Intervalle de temps entre l'avancement du chariot et le coulage du voussoir suivant = 5 jours.

. Voussoir courant :

Les trois intervalles de temps sont respectivement de 7, 2 et 5 jours.

Les opérations concernant le dernier voussoir de chaque console font intervenir l'ordre de clavage : l'ouvrage sera clavé dans l'ordre 1, 3, 2 des travées. L'intervalle de temps entre le clavage de la travée 3 et celui de la travée 1 sera de 21 jours et l'intervalle de temps entre le clavage de la travée 2 et celui de la travée 3 sera de 13 jours.

Nous avons déjà fourni (carte DG 15) : l'intervalle de temps entre le coulage de la partie sur cintre de la travée de rive et la mise en tension des câbles de continuité (BETRIV = 8 jours).

: l'intervalle de temps entre le coulage du voussoir de clé de la travée 2 et la mise en tension des câbles de continuité correspondants (TCØCA2 = 7 jours).

. Console droite de la travée 1 :

Intervalle de temps entre la mise en tension des câbles s'arrêtant au dernier voussoir et l'enlèvement du chariot = 0,5 jour.

Intervalle de temps entre cette opération et le coulage du béton coulé sur cintre = 8,5 jours.

. Console gauche de la travée 3 :

Les intervalles de temps, indiqués pour la travée 1 sont de 0,5 jour et 8,5 jours.

. Console gauche de la travée 2 :

L'intervalle de temps entre la mise en tension des câbles s'arrêtant au dernier voussoir et le remplacement du chariot par l'échafaudage suspendu est de 1 jour.

L'intervalle de temps entre cette opération et le coulage du voussoir de clé est de 43 jours.

. Console droite de la travée 2 :

Les intervalles de temps correspondants sont de 1 jour et 14 jours.

Vérification de l'ordre de clavage et des intervalles de temps entre clavages (compatibilité).

Prenons comme origine des temps l'instant où l'on coule le voussoir sur pile appui 2. Le clavage de la travée 1 a lieu au temps :

$$t_1 = 8,0 + 2,0 + 5,0 + (13 - 1) (7,0 + 2,0 + 5,0) + 7,0 + 0,5 + 8,5 + 8,0 = 207 \text{ jours.}$$

Le clavage de la travée 2 a lieu au temps :

$$t_2 = 8,0 + 2,0 + 5,0 + (13 - 1) (7,0 + 2,0 + 5,0) + 7,0 + 1,0 + 43,0 + 7,0 = 241 \text{ jours.}$$

Le coulage du voussoir sur pile appui 3 a lieu au temps :

$$t'_3 = t_2 - 8,0 + 2,0 + 5,0 + (13 - 1) (7,0 + 2,0 + 5,0) + 7,0 + 1,0 + 14,0 + 7,0 = 29 \text{ jours.}$$

Le clavage de la travée 3 a lieu au temps :

$$t_3 = t'_3 + 8,0 + 2,0 + 5,0 + (13 - 1) (7,0 + 2,0 + 5,0) + 7,0 + 0,5 + 0,5 + 8,0 = 228 \text{ jours.}$$

$$\text{Intervalles : } t_3 - t_1 = 228 - 207 = 21 \text{ jours.}$$

$$t_2 - t_3 = 241 - 228 = 13 \text{ jours.}$$

• Changements d'appuis :

Les systèmes d'appuis 1 et 4 sont définitifs dès la construction, ils ne subissent donc aucun changement. *

Lors du clavage de la travée 1, on passe des appuis provisoires aux appuis définitifs pour le système d'appuis 2. Donc, la première carte clavage est libellée ainsi :

$$\text{ICLAVE} = 1 ; \text{NCHAP} = 1 ; \text{IAC} (1) = 2$$

De même, lors du clavage de la travée 3, on libère le système d'appuis 3, ce qui donne pour la deuxième carte clavage :

$$\text{ICLAVE} = 3 ; \text{NCHAP} = 1 ; \text{IAC} (1) = 3$$

Enfin, lorsqu'on clave la travée 5, aucun changement d'appui n'a lieu et la troisième carte clavage s'écrit :

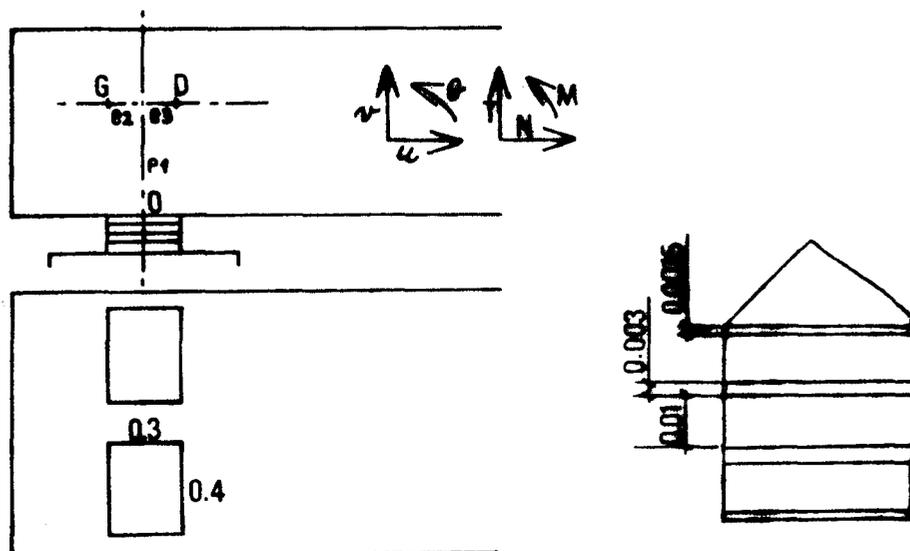
$$\text{ICLAVE} = 2$$

VII - COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D'APPUIS

Les systèmes d'appuis 1 et 4 ont des caractéristiques identiques. Il en est de même pour les systèmes d'appuis 2 et 3. (Si on devait répondre au questionnaire pièce 2 page 48, il faudrait le signaler).

Seuls sont donc à déterminer les coefficients de souplesse des systèmes d'appuis 1 et 2.

VII.1 - Système d'appuis 1 (culée gauche).



Le tablier repose sur deux appareils d'appui en élastomère fretté qui eux-mêmes reposent sur une culée supposée infiniment rigide.

.../...

● Aucune opération de changement d'appuis n'est mentionnée les concernant. Cela suffit pour le programme.

Si l'on pose

$$\Phi = \begin{pmatrix} M \\ N \\ T \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \Delta = \begin{pmatrix} \theta \\ u \\ v \end{pmatrix}$$

On peut supposer que

$$\Delta_0 = \begin{pmatrix} A & 0 & 0 \\ 0 & C & 0 \\ 0 & 0 & D \end{pmatrix} \times \Phi_0$$

Avec

$$A = \frac{n \cdot t^3 \cdot K2}{p \cdot G \cdot a^5 \cdot b} ; \quad C = \frac{n \cdot t}{p \cdot G \cdot a \cdot b} ; \quad D = \frac{n \cdot t^3 \cdot K1}{p \cdot G \cdot a^3 \cdot b}$$

et

p	nombre de plaques	= 2
a	longueur du côté parallèle à l'axe du pont	= 0,3
b	longueur du côté perpendiculaire à l'axe du pont	= 0,4
n	nombre de feuillets d'élastomère	= 3
t	épaisseur d'un feuillet	= 0,01
G	module de cisaillement de l'élastomère	= 160 (instantané)
K1		= 1,85
K2	(coefficients dépendant du rapport b/a	= 77,8

(voir B.T.4 page 21
avec b/a = 1,33)

$$A = . 750 \text{ E-03} ; \quad C = . 781 \text{ E-03} ; \quad D = . 161 \text{ E-05}$$

Si G et D sont les centres de gravité de deux sections assez voisines de la section 100, G, D et O sont liés rigidement et avec les notations choisies, on a

$$\begin{pmatrix} \Delta_G \\ \Delta_D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & e1 \cdot A & -e2 \cdot A & A & -e1 \cdot A & e3 \cdot A \\ C + e1^2 \cdot A & e1 \cdot e2 \cdot A & -e1 \cdot A & C + e1^2 \cdot A & -e1 \cdot e3 \cdot A & \\ D + e1^2 \cdot A & -e2 \cdot A & e1 \cdot e2 \cdot A & D - e2 \cdot e3 \cdot A & & \\ & & A & -e1 \cdot A & e3 \cdot A & \\ & & & C + e1^2 \cdot A & -e1 \cdot e3 \cdot A & \\ \text{sym.} & & & & & D + e3^2 \cdot A \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \Phi_G \\ \Phi_D \end{pmatrix}$$

avec e1 = 1,34 et e2 = e3 = 0,05, on obtient.

.../...

$$S1 = \begin{bmatrix} .750 E-03 & - .101 E-02 & - .375 E-04 & 750 E-03 & - .101 E-02 & .375 E-04 \\ & 213 E-02 & 503 E-04 & -.101 E-02 & -213 E-02 & -.503 E-04 \\ & & 348 E-05 & - .375 E-04 & -503 E-04 & -.270 E-06 \\ & & & .750 E-03 & - .101 E-02 & .375 E-04 \\ & & & & -213 E-02 & - .503 E-04 \\ \text{sym.} & \dots & \dots & \dots & \dots & .348 E-05 \end{bmatrix}$$

Il s'agit de la matrice de souplesse instantanée. Pour obtenir les coefficients soutenus formant la matrice S2, on multiplie par 2 chaque élément de S1.

Le système d'appuis provisoires est identique au système d'appuis définitifs, on remplit donc les bordereaux n° 29 dans l'ordre suivant :

- éléments de S2 (provisoires soutenus)
- éléments de S1 (définitifs instantanés)
- éléments de S2 (définitifs soutenus)

Les divers éléments de chaque matrice de souplesse sont reportés sur les bordereaux de données dans l'ordre indiqué ci-dessous :

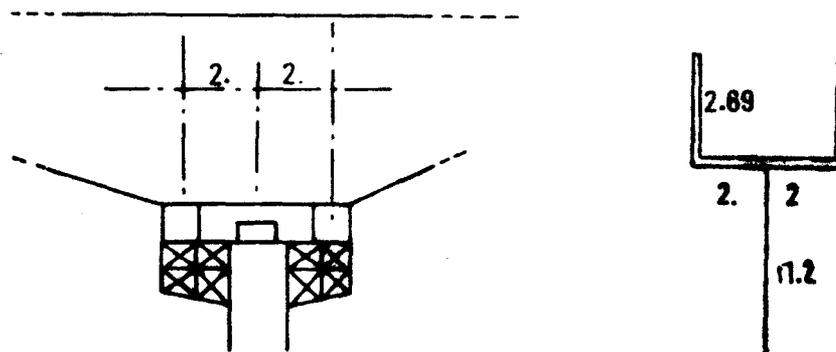
1	2	4	7	11	16
	3	5	8	12	17
		6	9	13	18
			10	14	19
				15	20
					21

VII.2 - Systèmes d'appuis 2.

On utilise le module APPUIS (qui convient bien pour le système provisoire) pour déterminer ses coefficients de souplesse.

a) au stade provisoire :

Un dispositif schématisé ci-dessous et lié au sommet de la pile maintient le fléau pendant sa construction.



On peut supposer qu'une telle structure se comporte comme une pile simple encastrée sur le tablier, et adopter la modélisation de la figure 6, ITP = 9 (module APPUIS, commentaire des bordereaux de données page 8).

On trouvera en annexe le plan de la pile et de sa fondation sur pieux.

Dans les données du programme, on a considéré cinq couches principales de terrain dont la première est affouillable.

Leur module de réaction horizontale est déterminé comme s'il s'agissait de pieux isolés (voir module APPUIS, commentaire des bordereaux de données page 18).

L'entraxe des pieux dans la direction perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage étant supérieur à 2,5 diamètres, il n'a aucune influence envers les efforts qui nous préoccupent.

Dans l'autre direction, l'entraxe est suffisamment faible pour qu'on puisse admettre que le terrain compris entre les deux files de pieux n'est pas réactif. On prendra donc pour chaque pieu un coefficient R_0 égal à 0,5.

b) au stade définitif :

Le tablier repose sur une seule file d'appuis comportant deux appareils dans le sens transversal.

On peut donc adopter la modélisation de la figure 6, ITP = 6 (module APPUIS, commentaire des bordereaux de données page 8). En supposant que les "deux" files d'appuis sont très proches l'une de l'autre et que chaque file ne comporte qu'un seul appareil d'appui dans le sens transversal, l'approximation est bonne.

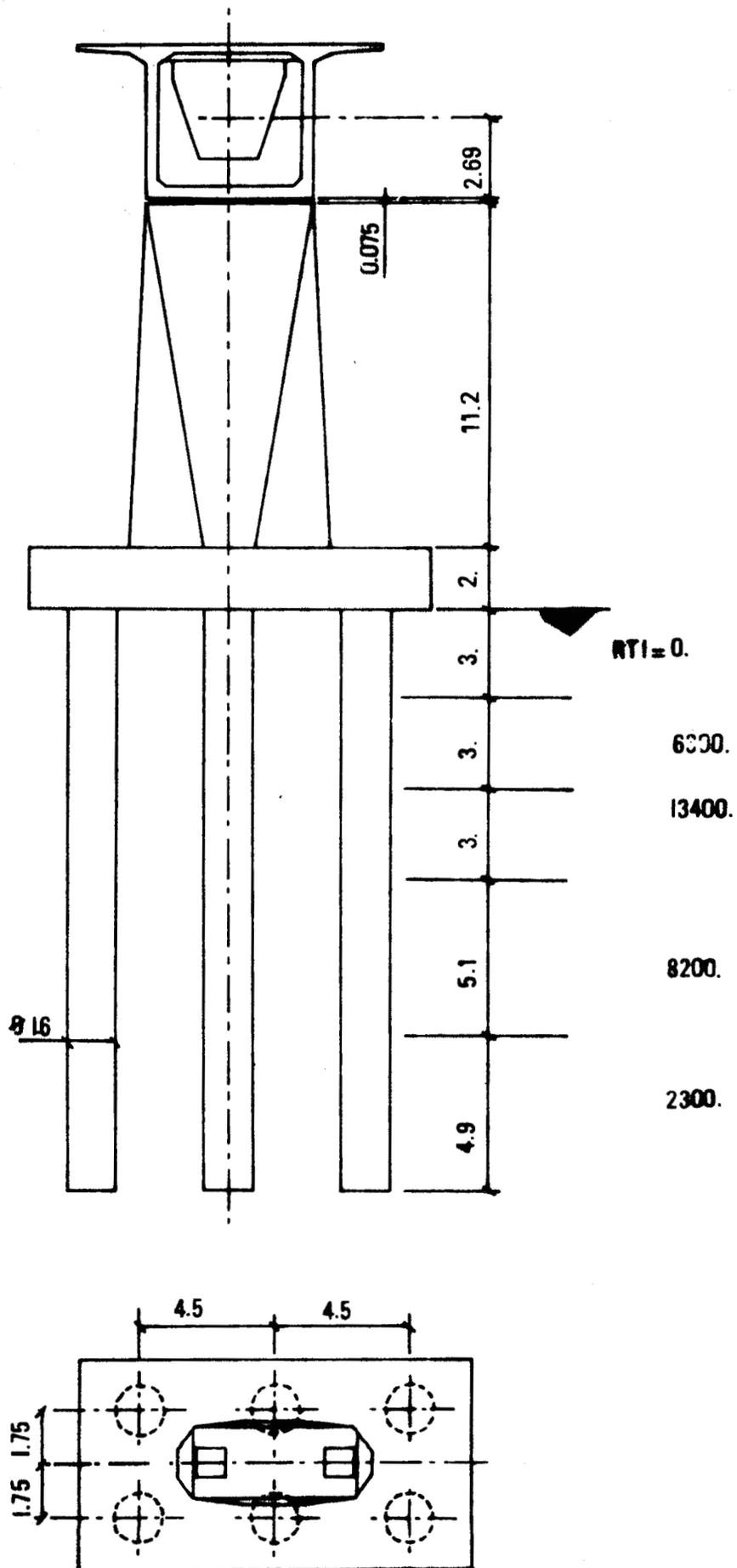
La fondation est la même qu'au stade provisoire.

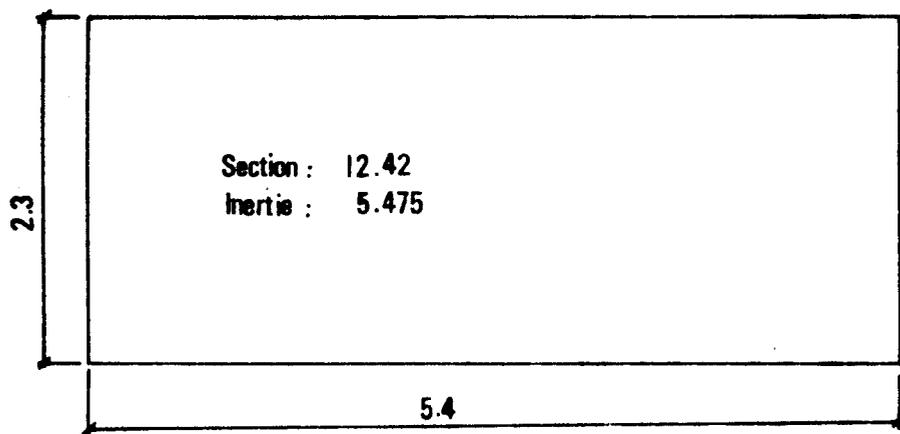
Remarque importante :

On a procédé ici à un calcul soigné des coefficients de souplesse des systèmes d'appuis. On obtiendrait des résultats acceptables dans les modules SURCHARGES et CONTINUITE en prenant des valeurs forfaitaires judicieusement choisies si l'on est sur "appuis simples" en phase définitive. Dans ce cas seuls restent à calculer les coefficients de souplesse du système d'appuis provisoires n° 2.

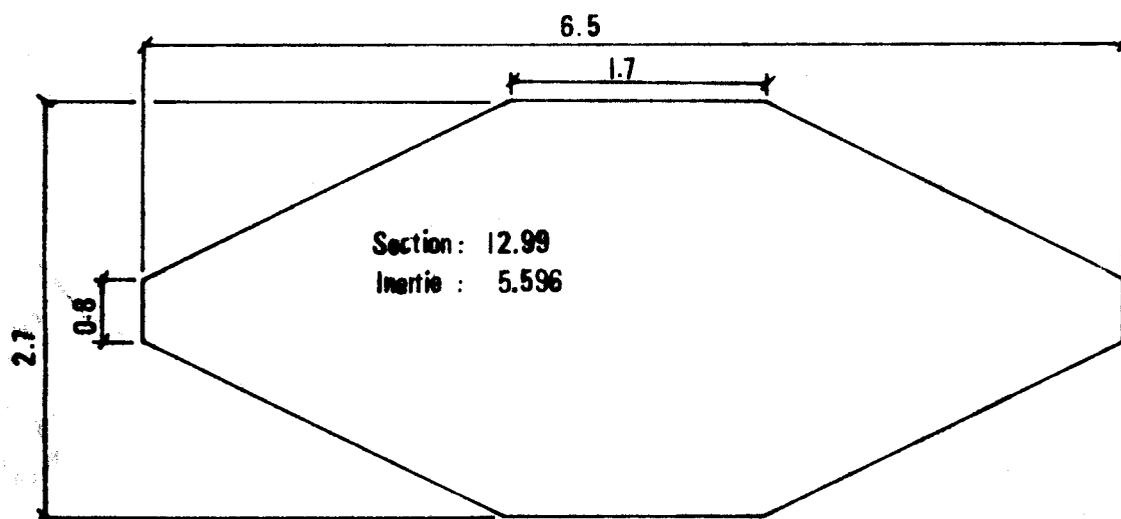
Le gestionnaire du système V.E.P. peut se charger du choix des coefficients forfaitaires simulant un "appui simple".

SYSTEMES D'APPUI DEFINITIFS 2 et 3

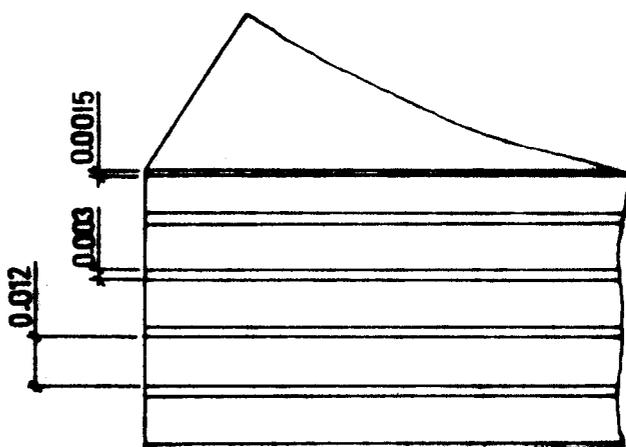




Section supérieure pile



Section inférieure pile



Appareil d'appui sur pile

DONNEES GENERALES

LES CARTES NON BARREES DOIVENT FIGURER COMME CARTES VIERGES DANS LES DONNEES

CARTE DG 01

10	20	30	40	50	60	70	80																																
V.	E.	P.	77	E	X	E	M	P	L	E	T	Y	P	E	P	O	N	T	A	3	T	R	A	V	E	E	S	S	Y	M	E	T	R	I	Q	U	E	.	.
INTITULE DE L'OUVRAGE																																							

CARTE DG 02

10	20	30	40	50	60	70	80																																																											
.	.	T	R	A	V	E	E	S	D	E	R	I	V	E	E	N	P	A	R	T	I	E	C	O	U	L	E	E	S	S	U	R	C	I	N	T	R	E	.	.	.	A	P	P	U	I	S	D	E	F	I	N	I	T	I	F	S	S	I	M	P	L	E	S	.	.
INTITULE DE L'OUVRAGE (SUITE)																																																																		

CARTE DG 03

10	20	30	40	50																
V	E	P	77	E	X	E	M	P	L	E	T	Y	P	E
TITRE DE PAGE DE LA NOTE DE CALCULS																				

DONNEES GENERALES

CARTE DG 04

	10	15	20	25	30	35
	0 0 0 0 3	0 0 0 0 1	0 0 0 0 3	0 0 0 0 1	0 0 0 1 9	0 0 0 1 9
	ICAS	ICOUL	NTRA	NBEP	NBSE 1	NBSE 2

CARTE DG 05

	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	5 5 0 0	9 0 0 0	5 5 0 0	m	m	m	m	m	m
	PORTEE (1)	PORTEE (2)	PORTEE (3)	PORTEE (4)	PORTEE (5)	PORTEE (6)	PORTEE (7)	PORTEE (8)	PORTEE (9)

CARTE DG 06

	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	m 0 0 5	m 0 0 1	m 0 0 1	m 0 0 5	m	m	m	m	m	m
	HLAP(1)	HLAP(2)	HLAP(3)	HLAP(4)	HLAP(5)	HLAP(6)	HLAP(7)	HLAP(8)	HLAP(9)	HLAP(10)

CARTE DG 07

	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	m	m 2 1 8	m	m	m	m	m	m	m
	VOCLE (1)	VOCLE (2)	VOCLE (3)	VOCLE (4)	VOCLE (5)	VOCLE (6)	VOCLE (7)	VOCLE (8)	VOCLE (9)

CARTE DG 08

	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
		2 4	2 4								0	9	1 3	9						
	NCA(1)	NCA(2)	NCA(3)	NCA(4)	NCA(5)	NCA(6)	NCA(7)	NCA(8)	NCA(9)	NCA(10)	NCPT	NCT(1)	NCT(2)	NCT(3)	NCT(4)	NCT(5)	NCT(6)	NCT(7)	NCT(8)	NCT(9)

CARTE DG 09

	4	9	12	16	20	25	30	34	39	42	46	50	55	60
	cm 7 0 0	mm ² 1 1 1 6 0	mm % 1 2 0	0 1 6	0 1 8	0 1 2	hba 1 8 1 0	cm	mm ²	mm %				hba
	D (1)	ω (1)	RAN(1)	φ (1)	F (1)	REL _{0,8} ∞ (1)	RG (1)	D (2)	ω (2)	RAN(2)	φ (2)	F (2)	REL _{0,8} ∞ (2)	RG (2)

CARTE DG 10

	4	9	12	16	20	25	30	34	39	42	46	50	55	60
	cm	mm ²	mm %				hba	cm	mm ²	mm %				hba
	D (3)	ω (3)	RAN(3)	φ (3)	F (3)	REL _{0,8} ∞ (3)	RG (3)	D (4)	ω (4)	RAN(4)	φ (4)	F (4)	REL _{0,8} ∞ (4)	RG (4)

DONNEES GENERALES

BORDEREAU N° 3 V.E.P.

CARTE DG 09

4	9	12	16	20	25	30
cm	mm ²	mm	%			hba
D(5)	ω (5)	RAN(5)	ψ (5)	F (5)	REL ₀₈ (5)	RG (5)

CARTE DG 10

3	9	12	16
hba	hba		
072	190000	50019	
K1	EA	PETITN	GG

CARTE DG 11

3	6
hba	hba
420485	
σ _{en}	σ _{arg}

CARTE DG 12

1	4	8	11	14
t/m ³	ba			10 ⁻⁴
1250	3500	20		25
ICIM	MASVOL	σ ₂₈	φ	RAU

CARTE DG 13

1	2	3	5	10	15
				J	J
0	1	1	2	80	70
IPREF	IVOCOM	ICHAR	NREHOU	BETRIV	TCOCA 2

CARTE DG 14

4	8	12	16	21	26	30	34	39	43
KdaN/m ³	m	KdaN/m	%	KdaN	KdaN	m	m	KdaN	m
382	70	045	20	350	450	257	150	200	257
Q SUP	KA	BETA	MAJCP	Q 2	Q	PETID2	PETID	PECHA	DSEC

DONNEES GENERALES

CARTE DG 15

3		6		9		12	
2	1	5	2	1	5		
N1		NF1		N2		NF2	

CARTE DG 16

5			10			15		
1	0	0 ^{°C}	5	0 ^{°C}	1	0 ^{10⁻⁵}		
TETA 1			TETA 2			QSI		

CARTE DG 17

5			
0	5		
RK2			

CARTE DG 18

50																																																	

CARTE DG 19

2	4	6	8	10	12	14	16	18		22	24	26	28	30	32	34	36	38
0	0	0	0							0	0	2	0	1				
IDCØD		ISYCØD																
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

CARTE DG 20

2	4	6	8	10	12	14	16	18		22	24	26	28	30	32	34	36	38
0	0	0	0							0	0	0	0	1				
IDCØG		ISYCØG																
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

DONNEES GENERALES

ABSCISSES DES SECTIONS EN PARTIE COULEE SUR CINTRE

CARTE XS 01

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m 0 0 5	m 3 6 9	m 7 3 9	m 1 1 0 9	m	m	m	m	m	m	m	m
XSEC (1)	XSEC (2)	XSEC (3)	XSEC (4)	XSEC (5)	XSEC (6)	XSEC (7)	XSEC (8)	XSEC (9)	XSEC (10)	XSEC (11)	XSEC (12)

CARTE XS 02

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
XSEC (13)	XSEC (14)	XSEC (15)	XSEC (16)	XSEC (17)	XSEC (18)	XSEC (19)	XSEC (20)	XSEC (21)	XSEC (22)	XSEC (23)	XSEC (24)

(SI LE NOMBRE DE SECTIONS EST INFÉRIEUR OU ÉGAL À 12 BARRER
EN CROIX LA DEUXIÈME CARTE)

DONNEES GENERALES

BORDEREAU N ° 6 V.E.P.

CONSOLES COURANTES

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	3 ^m 07	4 ^m 00	2 ^m 00	- 0 ^m 20	13	1 ^m 70
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	3 ^m 07	4 ^m 00	2 ^m 00	- 0 ^m 20	13	1 ^m 70
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	m	m	m	m		m
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	m	m	m	m		m
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	m	m	m	m		m
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	m	m	m	m		m
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	m	m	m	m		m
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

	4	8	12	16	18	22
CARTE CC	m	m	m	m		m
	HLV	HLV 1	DAPPRO	DVERIFT	NVOU	DVER 1

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

DONNEES GENERALES

BORDEREAU N ° 7 V.E.P.

CONSOLES A ETUDIER EN PHASE DE CONSTRUCTION

CARTE ETUD

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	3	0	0						
IETU(1)	IETU(2)	IETU(3)	IETU(4)	IETU(5)	IETU(6)	IETU(7)	IETU(8)	IETU(9)	IETU(10)

DONNEES GENERALES

NOMBRES DE CABLES PARTIELS

BORDEREAU N° 8 V.E.P.

		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
CARTE NC 01		0	0	0	0	2	0	0	0	7	0
		NCABPT (1,1)	NCABSD (1,1)	NCAPSY (1,1)	NCASSY (1,1)	NCABPT (1,2)	NCABSD (1,2)	NCAPSY (1,2)	NCASSY (1,2)	NCABRE (1)	NCARSY (1)
CARTE NC 02		0	24	0	20	1	1	1	1	11	11
		NCABPT (2,1)	NCABSD (2,1)	NCAPSY (2,1)	NCASSY (2,1)	NCABPT (2,2)	NCABSD (2,2)	NCAPSY (2,2)	NCASSY (2,2)	NCABRE (2)	NCARSY (2)
CARTE NC 03		0	24	0	20	2	0	0	0	7	0
		NCABPT (3,1)	NCABSD (3,1)	NCAPSY (3,1)	NCASSY (3,1)	NCABPT (3,2)	NCABSD (3,2)	NCAPSY (3,2)	NCASSY (3,2)	NCABRE (3)	NCARSY (3)
CARTE NC 04		0	0	0	0						
		NCABPT (4,1)	NCABSD (4,1)	NCAPSY (4,1)	NCASSY (4,1)	NCABPT (4,2)	NCABSD (4,2)	NCAPSY (4,2)	NCASSY (4,2)	NCABRE (4)	NCARSY (4)
CARTE NC 05											
		NCABPT (5,1)	NCABSD (5,1)	NCAPSY (5,1)	NCASSY (5,1)	NCABPT (5,2)	NCABSD (5,2)	NCAPSY (5,2)	NCASSY (5,2)	NCABRE (5)	NCARSY (5)
CARTE NC 06											
		NCABPT (6,1)	NCABSD (6,1)	NCAPSY (6,1)	NCASSY (6,1)	NCABPT (6,2)	NCABSD (6,2)	NCAPSY (6,2)	NCASSY (6,2)	NCABRE (6)	NCARSY (6)
CARTE NC 07											
		NCABPT (7,1)	NCABSD (7,1)	NCAPSY (7,1)	NCASSY (7,1)	NCABPT (7,2)	NCABSD (7,2)	NCAPSY (7,2)	NCASSY (7,2)	NCABRE (7)	NCARSY (7)
CARTE NC 08											
		NCABPT (8,1)	NCABSD (8,1)	NCAPSY (8,1)	NCASSY (8,1)	NCABPT (8,2)	NCABSD (8,2)	NCAPSY (8,2)	NCASSY (8,2)	NCABRE (8)	NCARSY (8)
CARTE NC 09											
		NCABPT (9,1)	NCABSD (9,1)	NCAPSY (9,1)	NCASSY (9,1)	NCABPT (9,2)	NCABSD (9,2)	NCAPSY (9,2)	NCASSY (9,2)	NCABRE (9)	NCARSY (9)
CARTE NC 10						0	0	0	0		
		NCABPT (10,1)	NCABSD (10,1)	NCAPSY (10,1)	NCASSY (10,1)	NCPT 1	NCPT 2	NCPT 3	NCPT 4		

SECTIONS

SECTION DE REFERENCE (DONNEES GENERALES)

CARTE MC 01

									8
S	E	C	T	I	O	N	S		

CARTE SR

	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	15	11				3	2	10	2
	NBSCE	NBSEP 1	NBSEP 2	NBSEP 3	NDE	NDH	NBDH	NGH	NBGH

SECTIONS

CARTE CSR 01

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
270	2	500	1	270	2	0594	2	320	2	0354	2	320	2	0354	2
YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC
POINT 1				POINT 2				POINT 3				POINT 4			

CARTE CSR 02

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
320	2	0054	2	320	2	0054	2	100	2	0010	2	000	2	0000	2
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 5				POINT 6				POINT 7				POINT 8			

CARTE CSR 03

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
100	2	0010	2	320	2	0054	2	320	2	0054	2	320	2	0354	2
YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC
POINT 9				POINT 10				POINT 11				POINT 12			

CARTE CSR 04

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
320	2	0354	2	270	2	0594	2	270	2	500	1	m		m	
YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC
POINT 13				POINT 14				POINT 15				POINT 16			

CARTE CSR 05

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 17				POINT 18				POINT 19				POINT 20			

CARTE CSR 06

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 21				POINT 22				POINT 23				POINT 24			

CARTE CSR 07

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m		m		m		m		m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC												
POINT 25				POINT 26				POINT 27				POINT 28			

CARTE CSR 08

6	9	15	18	24	27	33	36
m		m		m		m	
YC	NYC	ZC	NZC	YC	NYC	ZC	NZC
POINT 29				POINT 30			

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTION DE REFERENCE (EVIDEMENT NUMERO 2) BORDEREAU N° 11 V.E.P.

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m				m				m				m			
215	2	-4610	1	230	2	-4460	1	230	2	-0594	2	180	2	-0326	2
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 1				POINT 2				POINT 3				POINT 4			

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m				m				m				m			
100	2	-0200	2	000	2	-0200	2	-100	2	-0200	2	-180	2	-0326	2
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 5				POINT 6				POINT 7				POINT 8			

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m				m				m				m			
-230	2	-0594	2	-230	2	-4460	1	-215	2	-4610	1	m		m	
YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE
POINT 9				POINT 10				POINT 11				POINT 12			

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m				m				m				m			
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 13				POINT 14				POINT 15				POINT 16			

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m				m				m				m			
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 17				POINT 18				POINT 19				POINT 20			

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m				m				m				m			
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 21				POINT 22				POINT 23				POINT 24			

6	9	15	18	24	27	33	36	42	45	51	54	60	63	69	72
m				m				m				m			
YE	NYE	ZE	NZE												
POINT 25				POINT 26				POINT 27				POINT 28			

6	9	15	18	24	27	33	36
m				m			
YE	NYE	ZE	NZE	YE	NYE	ZE	NZE
POINT 29				POINT 30			

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTION COURANTE (CONTOUR EXTERIEUR)

CARTE PC 01

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
100	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
ISEC	PC (1)	PC (2)	PC (3)	PC (4)	PC (5)	PC (6)	PC (7)	PC 8	PC (9)	PC (10)	PC (11)

CARTE PC 02

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PC (12)	PC (13)	PC (14)	PC (15)	PC (16)	PC (17)	PC (18)	PC (19)	PC (20)	PC (21)	PC (22)

CARTE PC 03

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PC (23)	PC (24)	PC (25)	PC (26)	PC (27)	PC (28)	PC (29)	PC (30)	PC (31)	PC (32)	PC (33)

CARTE PC 04

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PC (34)	PC (35)	PC (36)	PC (37)	PC (38)	PC (39)	PC (40)	PC (41)	PC (42)	PC (43)	PC (44)

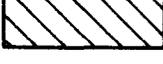
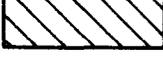
CARTE PC 05

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PC (45)	PC (46)	PC (47)	PC (48)	PC (49)	PC (50)	PC (51)	PC (52)	PC (53)	PC (54)	PC (55)

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTION COURANTE (EVIDEMENT NUMERO 1)

		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE PE 01		m 262	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PE (1)	PE (2)	PE (3)	PE (4)	PE (5)	PE (6)	PE (7)	PE (8)	PE (9)	PE (10)	PE (11)
		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE PE 02		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PE (12)	PE (13)	PE (14)	PE (15)	PE (16)	PE (17)	PE (18)	PE (19)	PE (20)	PE (21)	PE (22)
		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE PE 03		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PE (23)	PE (24)	PE (25)	PE (26)	PE (27)	PE (28)	PE (29)	PE (30)	PE (31)	PE (32)	PE (33)
		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE PE 04		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PE (34)	PE (35)	PE (36)	PE (37)	PE (38)	PE (39)	PE (40)	PE (41)	PE (42)	PE (43)	PE (44)
		12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
CARTE PE 05		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		PE (45)	PE (46)	PE (47)	PE (48)	PE (49)	PE (50)	PE (51)	PE (52)	PE (53)	PE (54)	PE (55)

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTION COURANTE (ENCOCHE , HOURDIS DROIT , HOURDIS GAUCHE)

CARTE EN 01

	12	18	24	30
	m	m	m	m
	PY(NDE+1)	PZ(NDE+1)	PY(NDE+2)	PZ(NDE+2)

CARTE HD 01

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m 1/85	m 0/037	m 1/85	m -0/037	m	m	m	m	m	m	m
	PYHD(1)	PZHD(1)	PYHD(2)	PZHD(2)	PYHD(3)	PZHD(3)	PYHD(4)	PZHD(4)	PYHD(4)	PZHD(4)	PYHD(6)

CARTE HD 02

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PZHD(6)	PYHD(7)	PZHD(7)	PYHD(8)	PZHD(8)	PYHD(9)	PZHD(9)	PYHD(10)	PZHD(10)	PYHD(11)	PZHD(11)

CARTE HG 01

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m -1/85	m -0/037	m -1/85	m 0/037	m	m	m	m	m	m	m
	PYHG(1)	PZHG(1)	PYHG(2)	PZHG(2)	PYHG(3)	PZHG(3)	PYHG(4)	PZHG(4)	PYHG(5)	PZHG(5)	PYHG(6)

CARTE HG 02

	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
	PZHG(6)	PYHG(7)	PZHG(7)	PYHG(8)	PZHG(8)	PYHG(9)	PZHG(9)	PYHG(10)	PZHG(10)	PYHG(11)	PZHG(11)

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTIONS COURANTES

BORDEREAU N° 15 V.E.P.

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
I SEC	P (1) m	P (2) m	P (3) m	P (4) m	P (5) m	P (6) m	P (7) m	P (8) m	P (9) m	P (10) m	P (11) m
1001	2,80										
	2,62										
	1,85	0,083	1,85	-0,037							
	-1,85	-0,037	-1,85	0,083							
101	2,80										
	2,62										
	1,85	0,083	1,85	-0,037							
	-1,85	-0,037	-1,85	0,083							
102	2,80										
	2,62										
	1,85	0,083	1,85	-0,037							
	-1,85	-0,037	-1,85	0,083							
103	2,80										
	2,62										
	1,85	0,083	1,85	-0,037							
	-1,85	-0,037	-1,85	0,083							
104	2,776										
	2,596										
	1,85	0,083	1,85	-0,037							
	-1,85	-0,037	-1,85	0,083							
105	2,727										
	2,547										
	1,85	0,083	1,85	-0,037							
	-1,85	-0,037	-1,85	0,083							
106	2,653										
	2,473										

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTIONS COURANTES

BORDEREAU N° 15 V.E.P.

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
ISEC	P (1) m	P (2) m	P (3) m	P (4) m	P (5) m	P (6) m	P (7) m	P (8) m	P (9) m	P (10) m	P (11) m
	1185	01083	1185	-01037							
	-1185	-01037	-1185	01083							
107	21553										
	21373										
	1185	01083	1185	-01037							
	-1185	-01037	-1185	01083							
108	21426										
	21246										
	1185	01083	1185	-01037							
	-1185	-01037	-1185	01083							
109	21273										
	21113										
	1185	01083	1185	-01037							
	-1185	-01037	-1185	0083							
110	21095										
	1955										
	1185	01083	1185	-01037							
	-1185	-01037	-1185	01083							
111	11891										
	1771										
	1185	0083	1185	-01037							
	-1185	-01037	-1185	0083							
112	11659										
	1559										
	1185	0083	1185	-01037							
	-1185	-0037	-1185	01083							

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTIONS COURANTES

BORDEREAU N° 15 V.E.P.

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
ISEC	P (1) m	P (2) m	P (3) m	P (4) m	P (5) m	P (6) m	P (7) m	P (8) m	P (9) m	P (10) m	P (11) m
113	1402										
	1322										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
114	1120										
	1060										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
115	01863										
	0823										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
116	0532										
	0512										
	185	0083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
1004	0492										
	0474										
	185	0083	185	-01037							
	-185	-0037	-185	0083							
1002	0266										
	0256										
	185	0083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
200	010										
	010										

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTIONS COURANTES

BORDEREAU N° 15 V.E.P.

Page

18

6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
ISEC	P (1) m	P (2) m	P (3) m	P (4) m	P (5) m	P (6) m	P (7) m	P (8) m	P (9) m	P (10) m	P (11) m
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
2001	0266										
	0256										
	185	0083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
2003	0492										
	0474										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
201	0532										
	0512										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
202	0863										
	0823										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	0083							
203	1120										
	1060										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
204	1402										
	1322										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	0083							

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

SECTIONS

SECTIONS COURANTES

BORDEREAU N° 15 V.E.P.

ISEC	P (1) m	P (2) m	P (3) m	P (4) m	P (5) m	P (6) m	P (7) m	P (8) m	P (9) m	P (10) m	P (11) m
205	1659										
	1559										
	185	01083	185	-0037							
	-185	-01037	-185	01083							
206	1891										
	1771										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
207	21095										
	1955										
	185	0083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	01083							
208	21273										
	2113										
	185	0083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	0083							
209	21426										
	21246										
	185	01083	185	-01037							
	-185	-01037	-185	0083							
210	21553										
	21373										
	185	01083	185	-0037							
	-185	-01037	-185	0083							
211	21653										
	21473										

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CARTES MOTS - CLES

BORDEREAU N° 16 V.E.P.

CARTE MC 02

																												28	30
C	A	B	L	E	S		D	E		C	O	N	T	I	N	U	I	T	E		T	R	A	V	E	E			
																												NT	

CARTE MC 03

																												28	30
C	A	B	L	E	S		C	H	A	P	E	A	U	X		A	P	P	U	I									
																												NA	

CARTE MC 04

																																				36
C	A	B	L	E	S		C	O	U	R	A	N	T		S	U	R		P	L	U	S		D		U	N	E		T	R	A	V	E	E	

CARTE MC 05

															15
C	A	B	L	E	S		S	T	A	N	D	A	R	D	

CARTE MC 06

														14
C	A	B	L	E	S		R	E	L	E	V	E	S	

CARTE MC 07

																	17
C	A	B	L	E	S		P	A	R		P	O	I	N	T	S	

(COMPLETER S'IL Y A LIEU ET BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

5	8	9	11	15	18
1708	01	2152			7
ALPHA	S	I1	TO _{hba}	NBP	

6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
X _m	Z _m										
7175	-0175	10100	-1200	11109	-1540	14116	-1890	17123	-1930	20130	-1210
23137	-0175										

5	8	9	11	15	18
1709	01	2152			9
ALPHA	S	I1	TO _{hba}	NBP	

6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
X _m	Z _m										
010	-0190	3169	-0150	7139	-0120	11109	-0105	51100	-0105	53110	-0110
53120	-0110	55100	-0350	55140	-0380						

5	8	9	11	15	18
ALPHA	S	I1	TO _{hba}	NBP	

6	11	17	22	28	33	39	44	50	55	61	66
X _m	Z _m										

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CARTES MOTS - CLES

BORDEREAU N° 16 V.E.P.

CARTE MC 02

28																												30	
C	A	B	L	E	S		D	E		C	O	N	T	I	N	U	I	T	E		T	R	A	V	E	E			
NT																													

CARTE MC 03

28																												30	
C	A	B	L	E	S		C	H	A	P	E	A	U	X		A	P	P	U	I									
2																													
NA																													

CARTE MC 04

36																																			
C	A	B	L	E	S		C	O	U	R	A	N	T		S	U	R		P	L	U	S		D		U	N	E		T	R	A	V	E	E

CARTE MC 05

15														
C	A	B	L	E	S		S	T	A	N	D	A	R	D

CARTE MC 06

14													
C	A	B	L	E	S		R	E	L	E	V	E	S

CARTE MC 07

17																
C	A	B	L	E	S		P	A	R		P	O	I	N	T	S

(COMPLETER S'IL Y A LIEU ET BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CABLES STANDARD

BORDEREAU N° 17 V.E.P.

5	8	9	11	15	24	29	35	40	46	51	57	62	67	72
ALPHA	SYM	S	II	TO hba	XH1 m	ZH1 m	XH3 m	ZH3 m	XH4 m	ZH4 m	XH6 m	ZH6 m	ALFA E dgr	ALFA S dgr
2A01		11	21521		-400	-3300	-010	-1260	010	-1260			4400	
2A02		11	21521		-400	-2100	-010	-0440	010	-0440			3500	
2A03		11	21521		-707	-3600	-108	-0430	010	-0430			3100	
2A04		11	21521		-707	-2750	-250	-0430	010	-0430			3100	
2A05		11	21521		-1014	-3300	-314	-0360	010	-0360			2880	
2A06		11	21521		-1014	-2500	-460	-0360	010	-0360			2880	
2A07		11	21521		-1321	-3000	-599	-0360	010	-0360			2423	
2A08		11	21521		-1321	-2200	-745	-0220	010	-0220			2423	
2A09		11	21521		-1628	-2800	-919	-0220	010	-0220			2423	
2A10		11	21521		-1628	-1800	-1141	-0220	010	-0220			2423	
2A11		11	21521		-1935	-2650	-1207	-0220	010	-0220			2180	
2A12		11	21521		-1935	-1750	-1432	-0220	010	-0220			2180	
2A13		11	21521		-2242	-2300	-1555	-0220	010	-0220			1979	
2A14		11	21521		-2242	-1700	-1722	-0220	010	-0220			1979	
2A15		11	21521		-2549	-2200	-1890	-0220	010	-0220			1979	
2A16		11	21521		-2549	-1400	-2092	-0150	010	-0150			1979	
2A17		11	21521		-2856	-2000	-2253	-0150	010	-0150			1979	
2A18		11	21521		-2856	-1100	-2483	-0150	010	-0150			1979	
2A19		11	21521		-3163	-1500	-2679	-0150	010	-0150			1979	
2A20		11	21521		-3470	-1400	-3014	-0150	010	-0150			1979	
2A21		01	21521		-3470	-0650	-3193	-0150	3193	-0150	3470	-0650	1660	-1403
2A22		01	21521		-3777	-1200	-3290	-0150	3490	-0150	3777	-0550	1403	-1403
2A23		01	21521		-4084	-0500	-3777	-0150	3601	-0150	4084	-0500	853	-457
2A24		01	21521		-4393	-0500	-3909	-0150	3986	-0150	4391	-0300	457	-229

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CARTES MOTS - CLES

BORDEREAU N ° 16 V.E.P.

CARTE MC 02

28 30																													
C	A	B	L	E	S		D	E		C	O	N	T	I	N	U	I	T	E		T	R	A	V	E	E			
NT																													

CARTE MC 03

28 30																													
C	A	B	L	E	S		C	H	A	P	E	A	U	X		A	P	P	U	I									
NA																													

CARTE MC 04

36																																			
C	A	B	L	E	S		C	O	U	R	A	N	T		S	U	R		P	L	U	S		D		U	N	E		T	R	A	V	E	E

CARTE MC 05

15														
C	A	B	L	E	S		S	T	A	N	D	A	R	D

CARTE MC 06

14													
C	A	B	L	E	S		R	E	L	E	V	E	S

CARTE MC 07

17																
C	A	B	L	E	S		P	A	R		P	O	I	N	T	S

(COMPLETER S'IL Y A LIEU ET BARRER EN CROIX
LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CABLES PAR POINTS (MOINS DE 19 POINTS)

BORDEREAU N° 19 V.E.P.

	5		8	9	11		15		18
	2	T	1	2	1	5	2		1
ALPHA	SYM		S	I	I	TO _{hba}		NBP	

	6		11		17		22		28		33		39		44		50		55		61		66																																	
	X		Z		X		Z		X		Z		X		Z		X		Z		X		Z																																	
	3	0	1	-	0	1	7	5	3	0	7	4	-	0	1	5	3	2	3	1	6	3	-	0	9	3	3	3	2	1	3	1	-	1	1	3	6	3	3	1	8	7	-	1	6	5	9	3	4	7	0	-	1	8	2	4
	3	5	4	4	-	1	9	2	4	3	7	0	0	-	1	9	8	9	3	7	7	7	-	1	9	7	3	4	0	1	8	4	-	1	9	2	4	4	3	1	9	1	-	1	9	0	0	4	5	0	0	-	1	9	0	0

	5		8	9	11		15		18
ALPHA	SYM		S	I	I	TO _{hba}		NBP	

	6		11		17		22		28		33		39		44		50		55		61		66
	X		Z		X		Z		X		Z		X		Z		X		Z		X		Z

	5		8	9	11		15		18
ALPHA	SYM		S	I	I	TO _{hba}		NBP	

	6		11		17		22		28		33		39		44		50		55		61		66
	X		Z		X		Z		X		Z		X		Z		X		Z		X		Z

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CARTES MOTS - CLES

BORDEREAU N° 16 V.E.P.

CARTE MC 02

28																												30	
C	A	B	L	E	S		D	E		C	O	N	T	I	N	U	I	T	E		T	R	A	V	E	E			
NT																													

CARTE MC 03

28																												30	
C	A	B	L	E	S		C	H	A	P	E	A	U	X		A	P	P	U	I									
NA																													

CARTE MC 04

36																																			
C	A	B	L	E	S		C	O	U	R	A	N	T		S	U	R		P	L	U	S		D		U	N	E		T	R	A	V	E	E

CARTE MC 05

15														
C	A	B	L	E	S		S	T	A	N	D	A	R	D

CARTE MC 06

14													
C	A	B	L	E	S		R	E	L	E	V	E	S

CARTE MC 07

17																
C	A	B	L	E	S		P	A	R		P	O	I	N	T	S

(COMPLETER S'IL Y A LIEU ET BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CABLES

CABLES STANDARD

BORDEREAU N° 17 V.E.P.

5		8	9	11		15	24	29	35		40	46		51	57		62	67		72
ALPHA		SYM	S	I	I	TO hbd	XH1 m	ZH1 m	XH3 m	ZH3 m	XH4 m	ZH4 m	XH6 m	ZH6 m	ALFA E dgr	ALFA S dgr				
2 T 13		1 1	2	1	5	2	-0 3 8	-0 4 5 0	1 7 4	-0 1 4 6	4 5 0 0	-0 1 4 6			1 1 3 0					
(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)																				

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CALENDRIER DE COULAGE ORDRE DE CLAVAGE ET CHANGEMENTS D' APPUIS

CARTE MOTS - CLES

CARTE MC 08

10										20										30										40										50										62											
C	A	L	E	N	D	R	I	E	R	D	E	C	O	U	L	A	G	E	O	R	D	R	E	D	E	C	L	A	V	A	G	E	E	T	C	H	A	N	G	E	M	E	N	T	S	D	A	P	P	U	I	S									

CALENDRIER DE COULAGE

BORDEREAU N ° 25 V.E.P.

VOUSSOIRS COULES EN PLACE , INTERVALLES CONSTANTS

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
8 0	2 0	5 0	7 0	2 0	5 0	7 0	0 5	8 5
$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
PREMIER VOUSSOIR			VOUSSOIR COURANT			DERNIER VOUSSOIR		

CONSOLE N °

2

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
8 0	2 0	5 0	7 0	2 0	5 0	7 0	1 0	4 3 0
$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
PREMIER VOUSSOIR			VOUSSOIR COURANT			DERNIER VOUSSOIR		

CONSOLE N °

3

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
8 0	2 0	5 0	7 0	2 0	5 0	7 0	1 0	1 4 0
$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$
PREMIER VOUSSOIR			VOUSSOIR COURANT			DERNIER VOUSSOIR		

CONSOLE N °

4

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

CALENDRIER DE COULAGE

BORDEREAU N ° 25 V.E.P.

VOUSSOIRS COULES EN PLACE , INTERVALLES CONSTANTS

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
j	j	j	j	j	j	j	j	j
8 0	2 0	5 0	7 0	2 0	5 0	7 0	0 5	0 5
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSSOIR			VOUSSOIR COURANT			DERNIER VOUSSOIR		

CONSOLE N °

5

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSSOIR			VOUSSOIR COURANT			DERNIER VOUSSOIR		

CONSOLE N °

CARTE CIC

3	6	9	12	15	18	21	24	27
j	j	j	j	j	j	j	j	j
Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3	Δ 1	Δ 2	Δ 3
PREMIER VOUSSOIR			VOUSSOIR COURANT			DERNIER VOUSSOIR		

CONSOLE N °

(BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISEES)

ORDRE DE CLAVAGE ET CHANGEMENTS D'APPUIS

CARTE CCA

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	1	1	2									
ICLAVE	NCHAP	IAC(1)	IAC(2)	IAC(3)	IAC(4)	IAC(5)	IAC(6)	IAC(7)	IAC(8)	IAC(9)	IAC(10)	

CARTE CCA

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	3	1	3									
ICLAVE	NCHAP	IAC(1)	IAC(2)	IAC(3)	IAC(4)	IAC(5)	IAC(6)	IAC(7)	IAC(8)	IAC(9)	IAC(10)	

CARTE CCA

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	2											
ICLAVE	NCHAP	IAC(1)	IAC(2)	IAC(3)	IAC(4)	IAC(5)	IAC(6)	IAC(7)	IAC(8)	IAC(9)	IAC(10)	

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D' APPUIS

CARTE MOTS - CLES

CARTE MC 09

10										20										30										40										47						
C	O	E	F	F	I	C	I	E	N	T	S	D	E	S	O	U	P	L	E	S	S	E	D	E	S	S	Y	S	T	E	M	E	S	D	A	P	P	U	I	S						

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D' APPUIS

CARTE CS 01

12												24												36												48												60												72												75	76	77	78																																																																								
.150												E-02												.202												E-02												.426												E-02												.750												E-04												.106												E-03												.696												E-05												1	P	5	1
S 11												S 12												S 22												S 13												S 23												S 33																								NSA	CDP	CIS																																																													

CARTE CS 02

12												24												36												48												60												72												75	76	77	78																																																																								
.150												E-02												.202												E-02												.750												E-04												.150												E-02												.202												E-02												.426												E-02												1	P	5	2
S 14												S 24												S 34												S 44												S 15												S 25																								NSA	CDP	CIS																																																													

CARTE CS 03

12												24												36												48												60												72												75	76	77	78																																																																								
.106												E-03												.202												E-02												.426												E-02												.750												E-04												.106												E-03												.540												E-06												1	P	5	3
S 35												S 45												S 55												S 16												S 26												S 36																								NSA	CDP	CIS																																																													

CARTE CS 04

12												24												36																																																75	76	77	78																																				
.750												E-04												.106												E-03												.696												E-05																																																1	P	5	4
S 46												S 56												S 66																																																												NSA	CDP	CIS																									

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D' APPUIS

	12	24	36	48	60	72	75	76	77	78
CARTE CS 01	.750 E-03 S 11	.101 E-02 S 12	.213 E-02 S 22	.375 E-04 S 13	.503 E-04 S 23	.348 E-05 S 33	1	D	I	1
CARTE CS 02	.750 E-03 S 14	.101 E-02 S 24	.375 E-04 S 34	.750 E-03 S 44	.101 E-02 S 15	.213 E-02 S 25	1	D	I	2
CARTE CS 03	.503 E-04 S 35	.101 E-02 S 45	.213 E-02 S 55	.375 E-04 S 16	.503 E-04 S 26	.270 E-06 S 36	1	D	I	3
CARTE CS 04	.375 E-04 S 46	.503 E-04 S 56	.348 E-05 S 66				1	D	I	4

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D'APPUIS

	12	24	36	48	60	72	75	76	77	78
CARTE CS 01	.150 E-02	.202 E-02	.426 E-02	.750 E-04	.106 E-03	.696 E-05				
	S 11	S 12	S 22	S 13	S 23	S 33		NSA	CDP	CIS
CARTE CS 02	.150 E-02	.202 E-02	.750 E-04	.150 E-02	.202 E-02	.426 E-02				
	S 14	S 24	S 34	S 44	S 15	S 25		NSA	CDP	CIS
CARTE CS 03	.106 E-03	.202 E-02	.426 E-02	.750 E-04	.106 E-03	.540 E-06				
	S 35	S 45	S 55	S 16	S 26	S 36		NSA	CDP	CIS
CARTE CS 04	.750 E-04	.106 E-03	.696 E-05							
	S 46	S 56	S 66							

MODULES D'ÉLASTICITÉ DU BÉTON GÉNÉRAUX

CARTE SA01

6						14						22						30						38											
B	É	T	O	N	3	0	0	0	0	0	0																								
					t/m ²						t/m ²						t/m ²						t/m ²												
					EIB						EVB						GIB						GVB												

DONNÉES GÉNÉRALES POUR UN SYSTEME D'APPUI

CARTE SA04

	6	8	9	10	11	12																		68
APPUI	2	9	1	1			VEP	77	EXEMPLE	TYPE	SYSTEME	D	APPUI	S	PROVISOIRES	(P	I	L	E)				
	NA					INTITULE DU SYSTEME D'APPUI																		

DONNÉES GÉNÉRALES PILE(S)

CARTE SA05

6			12			18			24			30			36			42			48		
m			m			m			m			m			dgr.			dgr.			m		
E1			E2			E3			HP			ES			FI1			FI2			HV		

CARTE SA06

6			12			18			24			30		
m			m			m			m			m		
E1			E2			E3			HP			ES		

CARTE SA07

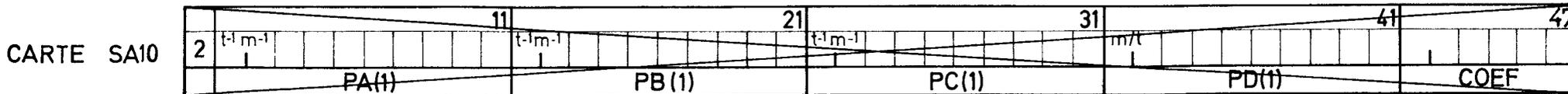
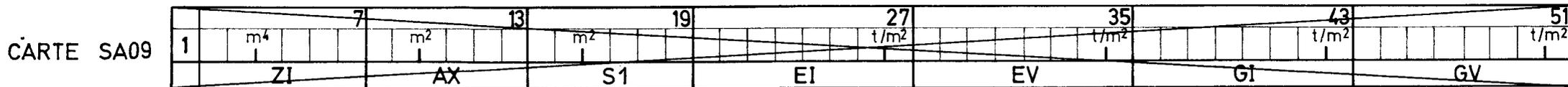
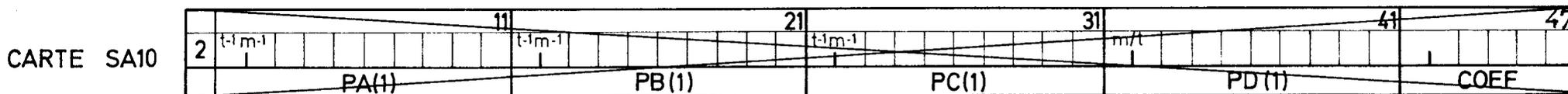
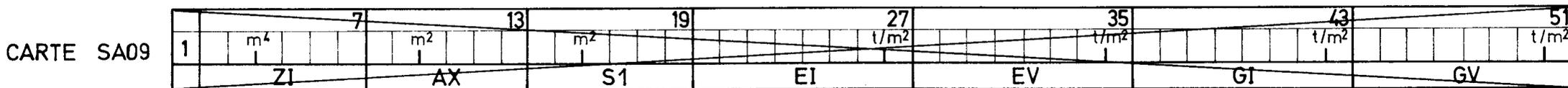
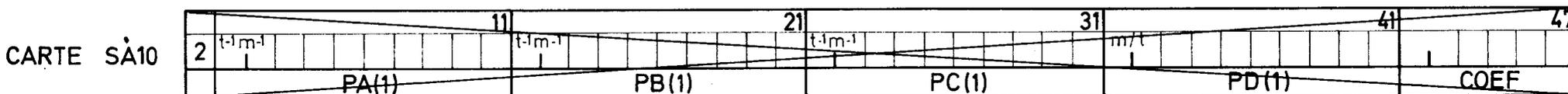
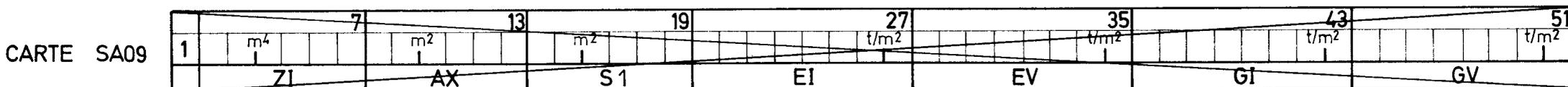
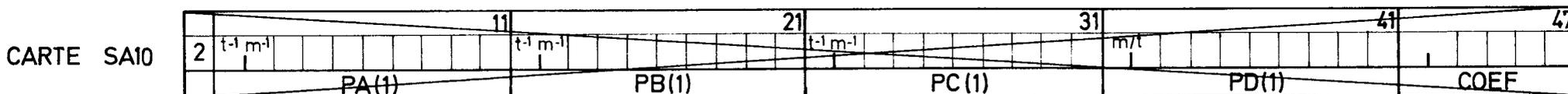
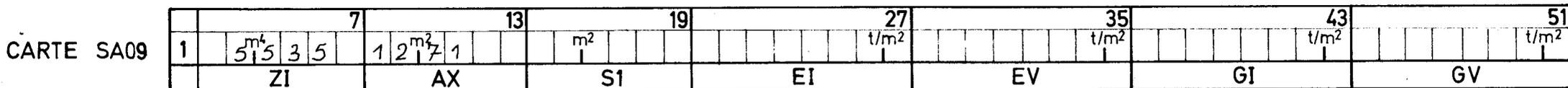
6			12			18			24			30			36			42		
m			m			m			m			m			dgr.			dgr.		
E1			HV1			HV2			DP			HV3			FI1			FI2		

CARTE SA08

6			12			18			24			30		
m 2 6 9			m 2 0			m 2 0			m 1 1 2 0			m 2 0		
E1			E2			E3			HP			ES		

BARRER EN CROIX LES TROIS CARTES NON UTILISÉES

CARACTÉRISTIQUES DES BARRES



BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES

DONNÉES GÉNÉRALES FONDATION SUR PIEUX

CARTE SA11

2		3		4		5		11				16				22				28				32				40				48				57			
								m				m ²				m ⁴				m ⁴				m				t/m ²				t/m ²							
6		5		1		1		1910				210106								03217				16															
NPIEU	NJT	KTETE	KPIED	H				AP				CJX				CIY				BZ				EIP				EVP				EA							

CARACTÉRISTIQUES DE(S) COUCHE(S) DE SOL DE FONDATION SUR PIEUX

CARTES SA12

HT	6 m	RTI	12 t/m ³	RTS	18 t/m ³
3 0					
3 0		6 3 0 0 .			
3 0		1 3 4 0 0 .			
5 1		8 2 0 0 .			
4 9		2 3 0 0 .			

BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES (S'IL Y A LIEU)

DÉFINITION DES PIEUX

6			12			16			20			23		
XI m			YI m			PHI dgr.			ALPHA dgr.			RO		
-	1	75	4	5	0									
-	1	75	0	0										
-	1	75	-	4	50									
	1	75	4	5	0									
	1	75	0	0										
	1	75	-	4	50									

CARTES SA13

BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES (S'IL Y A LIEU)

DONNÉES GÉNÉRALES POUR UN SYSTEME D'APPUIS

CARTE SA04

	6	8	9	10	11	12																68																													
APPUI	2	6	1	2	V	E	P	7	7	E	X	E	M	P	L	E	T	Y	P	E	S	Y	S	T	E	M	E	D	A	P	P	U	I	S	D	E	F	I	N	I	T	I	F	S	S	U	R	P	I	L	E
	NA	0	1	0	INTITULE DU SYSTEME D'APPUIS																																														

CARACTÉRISTIQUES D'UNE FILE D'APPUIS EN ÉLASTOMÈRE FRETTÉ

CARTE SA02

	9	10	14	18	23	25	30	34
NEOPRENE 1	m	m	m	m	m	m	m	t/m ²
	10	09	09	07	5	01	01	2
	ALA	ALB	APH	IN	APT	AG		

CARTE SA03

	9	14	23	32	41	50	59	68
NEOPRENE 2	m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m	t/m
	APH	GP(1)	GQ(1)	GR(1)	GP(2)	GQ(2)	GR(2)	

BARRER EN CROIX LA CARTE NON UTILISÉE

DONNÉES GÉNÉRALES PILE(S)

CARTE SA05

6			12			18			24			30			36			42			48		
m			m			m			m			m			dgr.			dgr.			m		
E1			E2			E3			HP			ES			F11			F12			HV		

CARTE SA06

6			12			18			24			30		
m 2 6 9			m 0 0 1			m 0 0 1			m 1 1 2 0			m 2 0		
E1			E2			E3			HP			ES		

CARTE SA07

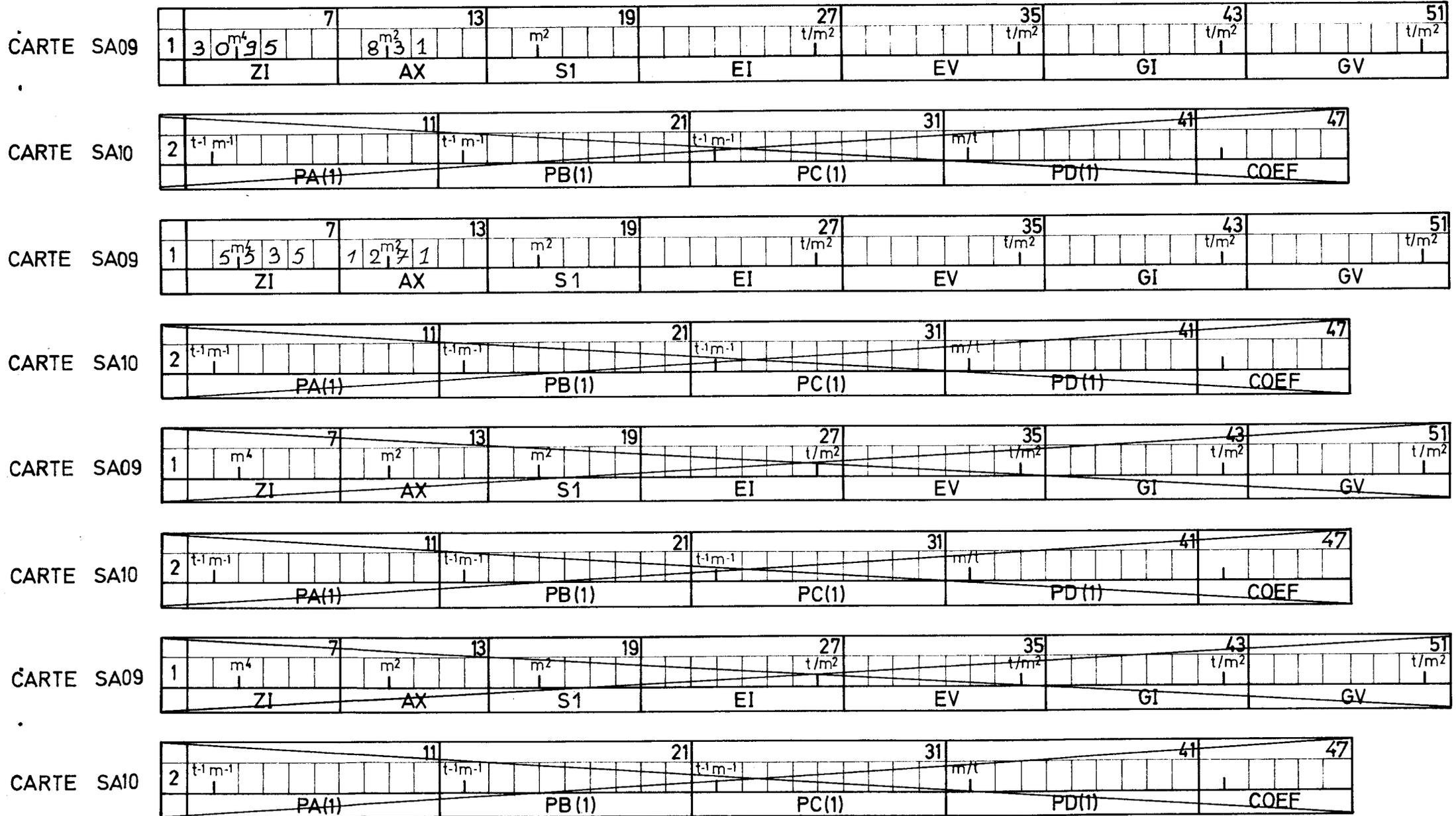
6			12			18			24			30			36			42		
m			m			m			m			m			dgr.			dgr.		
E1			HV1			HV2			DP			HV3			F11			F12		

CARTE SA08

6			12			18			24			30		
m			m			m			m			m		
E1			E2			E3			HP			ES		

BARRER EN CROIX LES TROIS CARTES NON UTILISÉES

CARACTÉRISTIQUES DES BARRES



BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES

DONNÉES GÉNÉRALES FONDATION SUR PIEUX

CARTE SA11

2		3		4		5		11			16			22			28			32			40			48			57		
NPIEU		NJT		KTETE		KPIED		m			m ²			m ⁴			m ⁴			m			t/m ²			t/m ²					
6		5		1		1		19 0			2 0 1 0 6						0 3 2 1 7			1 6											
H		AP		CJX		CIY		BZ			EIP			EVP			EA														

CARACTÉRISTIQUES DE(S) COUCHE(S) DE SOL DE FONDATION SUR PIEUX

CARTES SA12

HT 6 m			RTI 12 t/m ³			RTS 18 t/m ³		
3	0							
3	0		6	3	0	0		
3	0		1	3	4	0	0	
5	1		8	2	0	0		
4	9		2	3	0	0		

BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES (S'IL Y A LIEU)

DÉFINITION DES PIEUX

6		12		16		20		23	
XI	m	YI	m	PHI	dgr.	ALPHA	dgr.	RO	
- 1	7 5	4	5 0						
- 1	7 5	0	1 0						
- 1	7 5	- 4	5 0						
1	7 5	4	5 0						
1	7 5	0	1 0						
1	7 5	- 4	5 0						

CARTES SA13

BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES (S'IL Y A LIEU)

103	280				
	262				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
104	2776				
	2596				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
105	2727				
	2547				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
106	2653				
	2473				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
107	2553				
	2373				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
108	2426				
	2246				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
109	2273				
	2113				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
110	2095				
	1955				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
111	1891				
	1771				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
112	1659				
	1559				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
113	1402				
	1322				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
114	1129				
	1060				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
115	0863				
	0823				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
116	0532				
	0512				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
1004	0492				
	0474				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185		0083
1002	0265				

	0256				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
200	00				
	00				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
2001	0266				
	0256				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
2003	0492				
	0474				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
201	0532				
	0512				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
202	0863				
	0823				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
203	1120				
	1050				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
204	1402				
	1322				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
205	1659				
	1559				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
206	1891				
	1771				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
207	2095				
	1955				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
208	2273				
	2113				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
209	2426				
	2246				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
210	2553				
	2373				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
211	2653				
	2473				
	185	0083	185	-0037	
	-185	-0037	-185	0083	
212	2727				
	2547				

185 0083 185 -0037
 -185 -0037 -185 0083
 213 2776
 2596
 185 0083 185 -0037
 -185 -0037 -185 0083
 214 2800
 2620
 185 0083 185 -0037
 -185 -0037 -185 0083

CABLES DE CONTINUITÉ TRAVÉE 1

CABLES RELEVÉS

1TJ1	01 2152	00 -2090	100 3550	3772-2905	00 0800	0110
1TJ2	01 2152	00 -1660	400 3200	3465-2610-1000	0800	0110
1TJ3	01 2152	00 -1100	450 2850	3158-2360-1500	1000	0110
1TJ4	01 2152	00 -0620	500 2000	2237-2000-1700	0800	0110
1TJ5	01 2152	30 -1860	550 2600	2851-2250-1000	0800	0110
1TJ6	01 2152	60 -1860	900 2400	2544-2230-0800	0800	0110
1TJ7	01 2152	325-0175	1000 2100	2951-0175-2500	2500	0110

CABLES PAR POINTS

1TJ8 01 2152 7

775-0175 1000-1200 1109-1540 1416-1890, 1723-1930 2030-1210
 2337-0175

1TJ9 01 2152 9

90 -0190 369-0150 739-0120 1109-0105 5100-0105 5310-0110
 5320-0110 5500-0350 5540-0380

CABLES CHAPEAUX APPUI

2

CABLES STANDARD

2AJ1	11 2152	-400-3300	-010-1260	00 -1260	4400
2AJ2	11 2152	-400-2100	-010-0440	00 -0440	3500
2AJ3	11 2152	-707-3600	-108-0430	00 -0430	3100
2AJ4	11 2152	-707-2750	-250-0430	00 -0430	3100
2AJ5	11 2152	-1014-3300	-314-0360	00 -0360	2880
2AJ6	11 2152	-1014-2500	-460-0360	00 -0360	2880
2AJ7	11 2152	-1321-3000	-599-0360	00 -0360	2423
2AJ8	11 2152	-1321-2200	-745-0220	00 -0220	2423
2AJ9	11 2152	-1628-2800	-919-0220	00 -0220	2423
2A10	11 2152	-1628-1800	-1141-0220	00 -0220	2423
2A11	11 2152	-1935-2650	-1207-0220	00 -0220	2180
2A12	11 2152	-1935-1750	-1432-0220	00 -0220	2180
2A13	11 2152	-2242-2300	-1555-0220	00 -0220	1979
2A14	11 2152	-2242-1700	-1722-0220	00 -0220	1979
2A15	11 2152	-2549-2200	-1890-0220	00 -0220	1979
2A16	11 2152	-2549-1400	-2092-0150	00 -0150	1979
2A17	11 2152	-2856-2000	-2253-0150	00 -0150	1979
2A18	11 2152	-2856-1100	-2483-0150	00 -0150	1979
2A19	11 2152	-3163-1500	-2679-0150	00 -0150	1979
2A20	11 2152	-3470-1400	-3014-0150	00 -0150	1979
2A21	01 2152	-3470-0650	-3193-0150	3193-0150 3470-0650	1660-1403
2A22	01 2152	-3777-1200	-3290-0150	3490-0150 3777-0550	1403-1403
2A23	01 2152	-4084-0500	-3777-0150	3601-0150 4084-0500	853 -457
2A24	01 2152	-4393-0500	-3909-0150	3986-0150 4391-0300	457 -229

CABLES DE CONTINUITÉ TRAVÉE 2

CABLES RELEVÉS

2T01	11 2152	3877-1800	4200	-600	0100
2T02	11 2152	3470-1900	3800	-600	0100
2T03	11 2152	3263-2000	3600	-600	0100
2T04	11 2152	2956-2100	3200	-600	0100
2T05	11 2152	2649-2250	2900	-600	0100
2T06	11 2152	2342-2400	2600	-600	0100
2T07	11 2152	2035-2600	2300	-600	0100

2T08	11 2152	1160-0175	2010	-2600	0100
2T09	11 2152	1430-0175	2330	-3000	0100
2T10	11 2152	2100-0175	3000	-2800	0100
2T11	11 2152	2430-0175	3330	-2300	0200

CABLES PAR POINTS

2T12	11 2152	12			
3001-0175	3074-0532	3163-0933	3231-1196	3387-1659	3470-1824
3544-1924	3700-1989	3777-1973	4084-1924	4391-1900	4500-1900

CABLES STANDARD

2T13	11 2152	-038-0450	174-0146	4500-0146	1130
------	---------	-----------	----------	-----------	------

CALENDRIER DE COULAGE D'ORDRE DE CLAVAGE ET CHANGEMENTS D'APPUI

80	20	50	70	20	50	70	05	85
80	20	50	70	20	50	70	10	430
80	20	50	70	20	50	70	10	140
80	20	50	70	20	50	70	05	05

1 1 2
3 1 3
2

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D'APPUI

.150	E-02-.202	E-02-.426	E-02-.750	E-04.106	E-03.696	E-05	1PS1
.150	E-02-.202	E-02-.750	E-04.150	E-02-.202	E-02.426	E-02	1PS2
.106	E-03-.202	E-02.426	E-02.750	E-04-.106	E-03-.540	E-06	1PS3
.750	E-04-.106	E-03.696	E-05				1PS4
.750	E-03-.101	E-02.213	F-02-.375	E-04.503	E-04.348	E-05	1DI1
.750	E-03-.101	E-02-.375	E-04.750	E-03-.101	E-02.213	E-02	1DI2
.503	E-04-.101	E-02.213	E-02.375	E-04-.503	E-04-.270	E-06	1DI3
.375	E-04-.503	E-04.348	F-05				1DI4
.150	E-02-.202	E-02.426	E-02-.750	E-04.106	E-03.696	E-05	1DS1
.150	E-02-.202	E-02-.750	E-04.150	E-02-.202	E-02.426	E-02	1DS2
.106	E-03-.202	E-02.426	E-02.750	E-04-.106	E-03-.540	E-06	1DS3
.750	E-04-.106	E-03.696	E-05				1DS4
0.2479050-05-	.2223960-040.	2532980-03-	.4958110-050.	4447910-040.	1237240-04		2PS1
0.2479050-05-	.2223960-04-	.4958110-050.	2479050-05-	.2223960-040.	2532980-03		2PS2
0.4447910-04-	.2223960-040.	2532980-030.	4958110-05-	.4447910-04-	.7460030-05		2PS3
0.4958110-05-	.4447910-040.	1237240-04					2PS4
0.3343790-05-	.2767850-040.	4018920-03-	.8343730-070.	2767850-060.	9452450-06		2DI1
0.8343680-05-	.2767850-04-	.8343730-070.	8343790-05-	.2767850-040.	4018920-03		2DI2
0.2767850-06-	.2767850-040.	4018920-030.	8343730-07-	.2767850-060.	9435760-06		2DI3
0.8343730-07-	.2767850-060.	9452450-06					2DI4
0.1751540-04-	.6291690-040.	8868070-03-	.1751530-060.	6291690-060.	2709300-05		2DS1
0.1751510-04-	.6291690-04-	.1751530-060.	1751540-04-	.6291690-040.	8868060-03		2DS2
0.6291690-06-	.6291690-040.	8868070-030.	1751530-06-	.6291690-060.	2705800-05		2DS3
0.1751530-06-	.6291690-060.	2709300-05					2DS4
0.2479050-05-	.2223960-040.	2532980-03-	.4958110-050.	4447910-040.	1237240-04		3PS1
0.2479050-05-	.2223960-04-	.4958110-050.	2479050-05-	.2223960-040.	2532980-03		3PS2
0.4447910-04-	.2223960-040.	2532980-030.	4958110-05-	.4447910-04-	.7460030-05		3PS3
0.4958110-05-	.4447910-040.	1237240-04					3PS4
0.3343790-05-	.2767850-040.	4018920-03-	.8343730-070.	2767850-060.	9452450-06		3DI1
0.8343680-05-	.2767850-04-	.8343730-070.	8343790-05-	.2767850-040.	4018920-03		3DI2
0.2767850-06-	.2767850-040.	4018920-030.	8343730-07-	.2767850-060.	9435760-06		3DI3
0.8343730-07-	.2767850-060.	9452450-06					3DI4
0.1751540-04-	.6291690-040.	8868070-03-	.1751530-060.	6291690-060.	2709300-05		3DS1
0.1751510-04-	.6291690-04-	.1751530-060.	1751540-04-	.6291690-040.	8868060-03		3DS2
0.6291690-06-	.6291690-040.	8868070-030.	1751530-06-	.6291690-060.	2705800-05		3DS3
0.1751530-06-	.6291690-060.	2709300-05					3DS4
.150	E-02-.202	E-02.426	F-02-.750	E-04.106	E-03.696	E-05	4PS1
.150	E-02-.202	E-02-.750	E-04.150	E-02-.202	E-02.426	E-02	4PS2
.106	E-03-.202	E-02.426	E-02.750	E-04-.106	E-03-.540	E-06	4PS3
.750	E-04-.106	E-03.696	E-05				4PS4
.750	E-03-.101	E-02.213	E-02-.375	E-04.503	E-04.348	E-05	4DI1
.750	E-03-.101	E-02-.375	E-04.750	E-03-.101	E-02.213	E-02	4DI2

.503	E-04-.101	E-02.213	E-02.375.	E-04-.503	E-04-.270	E-06	4D13
.375	E-04-.503	E-04.348	E-05				4D14
.150	E-02-.202	E-02.426	E-02-.750	E-04.106	E-03.696	E-05	4DS1
.150	E-02-.202	E-02-.750	E-04.150	E-02-.202	E-02.426	E-02	4DS2
.105	E-03-.202	E-02.426	E-02.750	E-04-.106	E-C3-.540	E-06	4DS3
.750	E-04-.106	E-03.696	E-05				4DS4

INFORMATIQUE

. V. E. P. 77 E X E M P L E T Y P E P O N T A 3 T R A V E E S S Y M E T R I Q U E . . .
.. T R A V E E S D E R I V E E N P A R T I E C O U L E E S S U R C I N T R E . . . A P P U I S D E F I N I T I F S S I M P L E S ..

V E P 77 EXEMPLE TYPE

.....

PONT A 3 TRAVÉES COMPORTANT 1 ÉVIDEMENT(S)
LES DEUX TRAVÉES DE RIVE COMPORTENT UNE PARTIE COULÉE SUR CINTRE ET UNE PARTIE EN ENCORBELLEMENT
UN HOURDIS COMPLÉMENTAIRE EST COULÉ EN PLACE

LONGUEUR DES TRAVÉES (M) 55.00 90.00 55.00
DEMI-LONGUEURS LIÉES AUX SYSTÈMES D'APPUIS DÉFINITIFS 0.05 0.01 0.01 0.05
LONGUEUR DES VOUSOIRS DE CLE (M) 0.0 2.18 0.0

C A R A C T E R I S T I Q U E S G E N E R A L E S R E L A T I V E S A U X C A B L E S

APPUI 1 2 3 4
NOMBRE DE CABLES SUR CET APPUI 0 24 24 0
TRAVÉE 1 2 3
NOMBRE DE CABLES EN CETTE TRAVÉE 9 13 9
NOMBRE DE CABLES COURANT SUR PLUSIEURS TRAVÉES 0

TYPE DU CABLE	DIAMÈTRE DU TROU DE PASSAGE (CM)	SECTION (MM ²)	RENTREE DU CÔNE D'ANCRAGE (MM)	COEFFICIENT DE DÉVIATION PARASITE EN LIGNE DROITE	COEFFICIENT DE FROTTEMENT ACIER-GAINES	COEFFICIENT POUR LE CALCUL DES PERTES PAR RELAXATION	CONTRAINTES DE RUPTURE (HBA)
1	7.00	1116.0	12.0	0.160	0.180	0.1200	181.00
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

COEFFICIENTS (POUR LE CALCUL DES PERTES PAR NON SIMULTANÉITÉ 0.72
(D'ÉQUIVALENCE ACIER-BÉTON 5.0
(POUR LA VÉRIFICATION DES PERTES PAR RELAXATION EN FONCTION DU TEMPS 0.190
MODULE D'YOUNG DE L'ACIER 19000.0 HBA

C A R A C T E R I S T I Q U E S D E S A C I E R S P O U R É T R I E R S

LIMITES D'ÉLASTICITÉ 42.0 HBA
LIMITES DE RUPTURE 48.5 HBA

C A R A C T E R I S T I Q U E S D U B E T O N

GIMENT EMPLOYE C.P.A.		
MASSE VOLUMIQUE	2.50	T/M3
RÉSISTANCE A LA COMPRESSION A 28 JOURS	350.0	BA
Coefficient de fluage	2.00	
RETRAIT FINAL	2.50	10 PUISSANCE -4

C A R A C T E R I S T I Q U E S R E L A T I V E S A L A C O N S T R U C T I O N

LES VOUSOIRS SONT COULES EN PLACE

LES INTERVALLES DE COULAGE SONT CONSTANTS
ON UTILISE UN CHARIOT

RETARD DE COULAGE DU HOURDIS COMPLEMENTAIRE 2CYCLE(S)

AGE DU BETON DE LA TRAVÉE DE RIVE LORS DE LA MISE EN TENSION DES CABLES Y AFFÉRANT	8.0	J
INTERVALLE DE TEMPS ENTRE FIN DU COULAGE DU VOUSOIR DE CLE ET MISE EN TENSION DES CABLES DE CONTINUITÉ	7.0	J
POIDS TOTAL DU CHARIOT	45.00	KDAN
PARTIE DU POIDS DU CHARIOT REPORTÉE SUR LE VOUSOIR QUI VIENT D'ÊTRE ACHEVÉ	35.00	KDAN
POIDS DE L'ÉCHAFAUDAGE SUSPENDU	20.00	KDAN
DISTANCE SÉPARANT LE POINT D'APPUI DU CHARIOT SUR LE DERNIER VOUSOIR CONSTRUIT DU DERNIER JOINT CONSTRUIT	2.57	M
DISTANCE SÉPARANT LE C.D.G. DU CHARIOT DU DERNIER JOINT CONSTRUIT	1.50	M
DISTANCE SÉPARANT LES POINTS D'APPUI DE L'ÉCHAFAUDAGE DE CLE DES DERNIERS JOINTS DE CHAQUE CONSOLE	2.57	M

C A R A C T E R I S T I Q U E S R E L A T I V E S A U X C H A R G E S P E R M A N E N T E S E T A U X S U R C H A R G E S

CHARGE DE AUX SUPERSTRUCTURES	3.820	KDAN/M
LARGEUR A PRENDRE EN COMPTE POUR A(L)	7.000	M
SURCHARGE DE TROTTOIR	0.450	KDAN/M
MAJORATION DE LA CHARGE PERMANENTE	2.000	%
Coefficient pour le calcul en service après adaptation	0.500	

G R A D I E N T S T H E R M I Q U E S

COURTE DURÉE	10.00	DEGRES C
LONGUE DURÉE	5.00	DEGRES C

Coefficient de dilatation	1.0000	10 PUISSANCE -5
---------------------------	--------	-----------------

DONNEES RELATIVES AUX PARTIES D'OUVRAGE NON DÉFINIES

LA CONSOLE DROITE DE LA TRAVÉE 2 EST SYMÉTRIQUE DE LA CONSOLE GAUCHE DE LA TRAVÉE 2

LA CONSOLE GAUCHE DE LA TRAVÉE 3 EST SYMÉTRIQUE DE LA CONSOLE DROITE DE LA TRAVÉE 1

LA CONSOLE DROITE DE LA TRAVÉE 3 EST SYMÉTRIQUE DE LA CONSOLE GAUCHE DE LA TRAVÉE 1

LES CABLES CHAPEAUX SUR L'APPUI 1 NE FIGURENT PAS À CAUSE DU MODE DE CONSTRUCTION DE LA TRAVÉE DE RIVE GAUCHE

LES CABLES CHAPEAUX SUR L'APPUI 3 NE FIGURENT PAS CAR ON NE L'ÉTUDE PAS EN PHASE DE CONSTRUCTION

LES CABLES CHAPEAUX SUR LE DERNIER APPUI NE FIGURENT PAS À CAUSE DU MODE DE CONSTRUCTION DE LA TRAVÉE DE RIVE DROITE

LES CABLES DE CONTINUITÉ NE FIGURENT PAS DANS LA TRAVÉE 3 QUI N'EST PAS DÉFINIE

C A R A C T È R I S T I Q U E S R E L A T I V E S A U X C O N S O L E S

A P P U I 2

	LONGUEUR DU VOUSSOIR COURANT	LONGUEUR DU VOUSSOIR 1	NOMBRE DE VOUSSOIRS	D I S T A N C E	
				APPUI PROVISOIRE APPUI DEFINITIF	APPUI PROVISOIRE SECTION DE VERIF. DES CISAILLEMENTS
CONSOLE GAUCHE	3.07	4.00	13	2.00	1.70 (-0.20APRES CHANGEMENT D APPUI)
CONSOLE DROITE	3.07	4.00	13	2.00	1.70 (-0.20APRES CHANGEMENT D APPUI)

A P P U I 3

	LONGUEUR DU VOUSSOIR COURANT	LONGUEUR DU VOUSSOIR 1	NOMBRE DE VOUSSOIRS	D I S T A N C E	
				APPUI PROVISOIRE APPUI DEFINITIF	APPUI PROVISOIRE SECTION DE VERIF. DES CISAILLEMENTS
CONSOLE GAUCHE	3.07	4.00	13	2.00	1.70 (-0.20APRES CHANGEMENT D APPUI)
CONSOLE DROITE	3.07	4.00	13	2.00	1.70 (-0.20APRES CHANGEMENT D APPUI)

INDICE	ABSCISSE PAR RAPPORT A L'EXTREMITÉ GAUCHE DU PONT	SECTIONS DE VERIFICATION	NUMERO	RANG
1	0.0		100	1
2	0.050		1001	2
3	3.690		101	3
4	7.390		102	4
5	11.090		103	5
6	14.160		104	6
7	17.230		105	7
8	20.300		106	8
9	23.370		107	9
10	26.440		108	10
11	29.510		109	11
12	32.580		110	12
13	35.650		111	13
14	38.720		112	14
15	41.790		113	15
16	44.860		114	16
17	47.930		115	17
18	51.000		116	18
19	51.300		1004	19
20	53.000		1002	20
21	55.000		200	21
22	57.000		2001	22
23	58.700		2003	23
24	59.000		201	24
25	62.070		202	25
26	65.140		203	26
27	68.210		204	27
28	71.280		205	28
29	74.350		206	29
30	77.420		207	30
31	80.490		208	31
32	83.560		209	32
33	86.630		210	33
34	89.700		211	34
35	92.770		212	35
36	95.840		213	36
37	98.910		214	37
38	101.090		215	0
39	104.160		216	0
40	107.230		217	0
41	110.300		218	0
42	113.370		219	0
43	116.440		220	0
44	119.510		221	0
45	122.580		222	0
46	125.650		223	0
47	128.720		224	0
48	131.790		225	0
49	134.860		226	0
50	137.930		227	0
51	141.000		228	0
52	141.300		2004	0
53	143.000		2002	0
54	145.000		300	0

DEFINITION DES SECTIONS

SECTION 100

SOMMET	CONTOUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.200	2.150	-1.990
2	2.700	-0.594	2.300	-1.840
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.840
11	-5.050	-0.091	-2.150	-1.990
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		
15	-2.700	-2.200		

SECTION 1001

SOMMET	CONTOUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.200	2.150	-1.990
2	2.700	-0.594	2.300	-1.840
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.840
11	-5.050	-0.091	-2.150	-1.990
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		
15	-2.700	-2.200		

SECTION 101

SOMMET	CONTOUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.200	2.150	-1.990
2	2.700	-0.594	2.300	-1.840
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.840
11	-5.050	-0.091	-2.150	-1.990
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		

14 -2.700 -0.594
15 -2.700 -2.200

SECTION 102

SOMMET	CONTCUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.200	2.150	-1.990
2	2.700	-0.594	2.300	-1.840
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.840
11	-5.050	-0.091	-2.150	-1.990
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		
15	-2.700	-2.200		

SECTION 103

SOMMET	CONTCUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.200	2.150	-1.990
2	2.700	-0.594	2.300	-1.840
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.840
11	-5.050	-0.091	-2.150	-1.990
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		
15	-2.700	-2.200		

SECTION 104

SOMMET	CONTCUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.224	2.150	-2.014
2	2.700	-0.594	2.300	-1.864
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.864
11	-5.050	-0.091	-2.150	-2.014
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		

15 -2.700 -2.224

SECTION 105

SOMMET	CONTOUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.273	2.150	-2.063
2	2.700	-0.594	2.300	-1.913
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.913
11	-5.050	-0.091	-2.150	-2.063
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		
15	-2.700	-2.273		

SECTION 106

SOMMET	CONTOUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.347	2.150	-2.137
2	2.700	-0.594	2.300	-1.987
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-1.987
11	-5.050	-0.091	-2.150	-2.137
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		
15	-2.700	-2.347		

SECTION 107

SOMMET	CONTOUR EXTERIEUR		EVIDEMENT	
	Y	Z	Y	Z
1	2.700	-2.447	2.150	-2.237
2	2.700	-0.594	2.300	-2.087
3	3.200	-0.354	2.300	-0.594
4	5.050	-0.271	1.800	-0.326
5	5.050	-0.091	1.000	-0.200
6	3.200	-0.054	0.0	-0.200
7	1.000	-0.010	-1.000	-0.200
8	0.0	0.0	-1.800	-0.326
9	-1.000	-0.010	-2.300	-0.594
10	-3.200	-0.054	-2.300	-2.087
11	-5.050	-0.091	-2.150	-2.237
12	-5.050	-0.271		
13	-3.200	-0.354		
14	-2.700	-0.594		
15	-2.700	-2.447		

CARACTERISTIQUES MECANIQUES (SECTION BRUTE) DES SECTIONS SITUEES AU DROIT DES APPUIS PROVISOIRES
ET DANS L AXE DES SYSTEMES D APPUIS DEFINITIFS

SECTION	NUMERO	SECTION DROITE (M2)	DISTANCE DU C. D. G. AU POINT BAS (M)	INERTIE (M4)
	100	5.24	1.34	3.44
	1001	5.24	1.34	3.44
	1002	8.05	2.56	26.93
	200	8.31	2.69	30.95
	2001	8.05	2.56	26.93

RAPPEL DES DONNÉES CONCERNANT LE CABLAGE , SIGNIFICATION DES ABBREVIATIONS UTILISEES

GABLE	INDICATEUR ALPHANUMERIQUE
NJMERJ	NUMERO DJ V. E. P. AFFECTE PAR LE PRECOMPILATEUR
DEBUT	NUMERO DE LA PREMIERE SECTION TRAVERSEE PAR LE CABLE
FIN	IDEM POUR LA DERNIERE (IL S AGIT DU CABLE COMPLET)
FAM	FAMILLE DU CABLE
TRA	INDICE DE TRACE
SYM	INDICE DE SYMETRIE ET DE MISE EN TENSION
S	TYPE DU CABLE
NBR	POIDS
TJ	TENSION INITIALE
ALFAE	ANGLE D ENTREE (CABLE STANDARD OU RELEVE)
X41	ABSCISSE DU POINT D ENTREE (CABLE STANDARD OU RELEVE)
Z41	COTE DE CE POINT
X43	CABLE STANDARD , ABSCISSE POINT DE TANGENCE PARABOLE GAUCHE SEGMENT MEDIAN
	CABLE RELEVE , ABSCISSE DU DEBUT DE LA PARALLELE A L INTRADOS
Z43	COTE DE CE POINT
X44	CABLE STANDARD SYMETRIQUE , ABSCISSE DU POINT MEDIAN CABLE STANDARD NON SYMETRIQUE
	ABSCISSE DU POINT DE TANGENCE PARABOLE DROITE SEGMENT MEDIAN CABLE RELEVE , ABSCISSE FIN PARALLELE A L INTRADOS
Z44	COTE DE CE POINT
X46	ABSCISSE DU POINT DE SORTIE (CABLE STANDARD OU RELEVE)
Z46	COTE DE CE POINT
ALFAS	ANGLE DE SORTIE (CABLE STANDARD OU RELEVE)
DPPIME	DISTANCE CABLE INTRADOS POUR UN CABLE RELEVE
NBP	NCMBRE DE POINTS DE DEFINITION D UN CABLE PAR POINTS
X	ABSCISSE DU PCINT COURANT
Z	COTE DU POINT COURANT

SIGNIFICATION DE L'INDICE DE MISE EN TENSION (APPELÉ SYM)

SYM:	CABLE:
0	NON SYMETRIQUE TENDU DES DEUX COTES
1	SYMETRIQUE TENDU DES DEUX COTES
2	NON SYMETRIQUE TENDU PAR LA GAUCHE
3	SYMETRIQUE TENDU PAR LA GAUCHE
4	NON SYMETRIQUE TENDU PAR LA DROITE
5	SYMETRIQUE TENDU PAR LA DROITE
6	NON SYMETRIQUE TENDU ALTERNATIVEMENT A GAUCHE ET A DROITE DOMINANTE GAUCHE
7	SYMETRIQUE TENDU ALTERNATIVEMENT A GAUCHE ET A DROITE DOMINANTE GAUCHE
8	NON SYMETRIQUE TENDU ALTERNATIVEMENT A GAUCHE ET A DROITE DOMINANTE DROITE
9	SYMETRIQUE TENDU ALTERNATIVEMENT A GAUCHE ET A DROITE DOMINANTE DROITE

DOMINANTE: EXEMPLE NOMBRE=3 SI 2 CABLES SONT TENDUS
PAR LA GAUCHE ET 1 PAR LA DROITE IL Y A DOMINANTE GAUCHE

CABLES STANDARD SYMETRIQUES

CABLE	NUMERO	DEBUT	FIN	FAM	TRA	SYM	S	NBR	TO	ALFAE	POINT XH1	D ENTREE ZH1	POINT DROITE XH3	TANGENCE -PARABOLE ZH3	POINT XH4	MEDIAN ZH4
2A01	2001	116	201	1	0	1	1	2	152.00	44.00	-4.00	-3.300	-0.10	-1.260	0.0	-1.260
2A02	2002	115	201	1	0	1	1	2	152.00	35.00	-4.00	-2.100	-0.10	-0.440	0.0	-0.440
2A03	2003	115	202	1	0	1	1	2	152.00	31.00	-7.07	-3.600	-1.08	-0.430	0.0	-0.430
2A04	2004	115	202	1	0	1	1	2	152.00	31.00	-7.07	-2.750	-2.50	-0.430	0.0	-0.430
2A05	2005	114	203	1	0	1	1	2	152.00	28.80	-10.14	-3.300	-3.14	-0.360	0.0	-0.360
2A06	2006	114	203	1	0	1	1	2	152.00	28.80	-10.14	-2.500	-4.60	-0.360	0.0	-0.360
2A07	2007	113	204	1	0	1	1	2	152.00	24.23	-13.21	-3.000	-5.99	-0.360	0.0	-0.360
2A08	2008	113	204	1	0	1	1	2	152.00	24.23	-13.21	-2.200	-7.45	-0.220	0.0	-0.220
2A09	2009	112	205	1	0	1	1	2	152.00	24.23	-16.28	-2.800	-9.19	-0.220	0.0	-0.220
2A10	2010	112	205	1	0	1	1	2	152.00	24.23	-16.28	-1.800	-11.41	-0.220	0.0	-0.220
2A11	2011	111	206	1	0	1	1	2	152.00	21.80	-19.35	-2.650	-12.07	-0.220	0.0	-0.220
2A12	2012	111	206	1	0	1	1	2	152.00	21.80	-19.35	-1.750	-14.32	-0.220	0.0	-0.220
2A13	2013	110	207	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-22.42	-2.300	-15.55	-0.220	0.0	-0.220
2A14	2014	110	207	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-22.42	-1.700	-17.22	-0.220	0.0	-0.220
2A15	2015	109	208	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-25.49	-2.200	-18.90	-0.220	0.0	-0.220
2A16	2016	109	208	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-25.49	-1.400	-20.92	-0.150	0.0	-0.150
2A17	2017	108	209	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-28.56	-2.000	-22.53	-0.150	0.0	-0.150
2A18	2018	108	209	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-28.56	-1.100	-24.83	-0.150	0.0	-0.150
2A19	2019	107	210	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-31.63	-1.500	-26.79	-0.150	0.0	-0.150
2A20	2020	106	211	1	0	1	1	2	152.00	19.79	-34.70	-1.400	-30.14	-0.150	0.0	-0.150
2T13	2037	200	300	2	0	1	1	2	152.00	11.30	-0.38	-0.450	1.74	-0.146	45.00	-0.146

CABLES STANDARD NON SYMETRIQUES

CABLE	NUMERO	DEBUT	FIN	FAM	TRA	SYM	S	NBR	TO	ALFAE	POINT D ENTREE		POINTS TANGENCE		DROITES-PARABOLES		POINT DE SORTIE		ALFAS
											XH1	ZH1	XH3	ZH3	XH4	ZH4	XH6	ZH6	
2A21	2021	106	211	1	0	0	1	2	152.00	16.60	-34.70	-0.650	-31.93	-0.150	31.93	-0.150	34.70	-0.650	-14.03
2A22	2022	105	212	1	0	0	1	2	152.00	14.03	-37.77	-1.200	-32.90	-0.150	34.90	-0.150	37.77	-0.550	-14.03
2A23	2023	104	213	1	0	0	1	2	152.00	8.53	-40.84	-0.500	-37.77	-0.150	36.01	-0.150	40.84	-0.500	-4.57
2A24	2024	103	214	1	0	0	1	2	152.00	4.57	-43.93	-0.500	-39.09	-0.150	39.86	-0.150	43.91	-0.300	-2.29

CABLES RELEVÉS SYMÉTRIQUES

CABLE	NUMERO S.	DEBUT	S. FIN	FAM	TRA	SYM	IS	NBR	TO	ALFAE	POINT XH1	D ENTREE ZH1	XH3	DPRIME
2T01	2025	213	216	2	2	1	1	2	152.00	-6.00	38.77	-1.800	42.00	0.10
2T02	2026	211	218	2	2	1	1	2	152.00	-6.00	34.70	-1.900	38.00	0.10
2T03	2027	211	218	2	2	1	1	2	152.00	-6.00	32.63	-2.000	36.00	0.10
2T04	2028	210	219	2	2	1	1	2	152.00	-6.00	29.56	-2.100	32.00	0.10
2T05	2029	209	220	2	2	1	1	2	152.00	-6.00	26.49	-2.250	29.00	0.10
2T06	2030	208	221	2	2	1	1	2	152.00	-6.00	23.42	-2.400	26.00	0.10
2T07	2031	207	222	2	2	1	1	2	152.00	-6.00	20.35	-2.600	23.00	0.10
2T08	2032	204	225	2	2	1	1	2	152.00	-26.00	11.60	-0.175	20.10	0.10
2T09	2033	205	224	2	2	1	1	2	152.00	-30.00	14.30	-0.175	23.30	0.10
2T10	2034	207	222	2	2	1	1	2	152.00	-28.00	21.00	-0.175	30.00	0.10
2T11	2035	208	221	2	2	1	1	2	152.00	-23.00	24.30	-0.175	33.30	0.20

CABLES RELEVÉS NON SYMÉTRIQUES

CABLE	NUMERJ	DEBUT	FIN	FAM	TRA	SYM	S	NBR	TO	ALFAE	POINT XH1	D ENTREE ZH1	PARALLELE XH3	INTRDS XH4	POINT DE SORTIE XH6	ZH6	ALFAS	DPRIME
1T01	1001	100	111	2	2	0	1	2	152.00	0.0	0.0	-2.090	1.00	35.50	37.72	-2.905	8.00	0.11
1T02	1002	100	110	2	2	0	1	2	152.00	-10.00	0.0	-1.660	4.00	32.00	34.65	-2.610	8.00	0.11
1T03	1003	100	109	2	2	0	1	2	152.00	-15.00	0.0	-1.100	4.50	28.50	31.58	-2.360	10.00	0.11
1T04	1004	100	106	2	2	0	1	2	152.00	-17.00	0.0	-0.620	5.00	20.00	22.37	-2.000	8.00	0.11
1T05	1005	101	108	2	2	0	1	2	152.00	-10.00	3.00	-1.860	5.50	26.00	28.51	-2.250	8.00	0.11
1T06	1006	102	107	2	2	0	1	2	152.00	-8.00	6.00	-1.860	9.00	24.00	25.44	-2.230	8.00	0.11
1T07	1007	101	109	2	2	0	1	2	152.00	-25.00	3.25	-0.175	10.00	21.00	29.51	-0.175	25.00	0.11

CABLES PAR POINTS , CABLES INITIALEMENT DONNES PAR POINTS NON TRANSFORMES ET S IL Y A LIEU CABLES RESULTANT DE LA TRANSFORMATION
DES CABLES RELEVES SYMETRIQUES

CABLES SYMETRIQUES

CABLE	NUMERO	DEBUT	FIN	FAM	TRA	SYM	S	NBR	TO	NBF	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
2T12	2036	210	219	2	1	1	1	2	152.00	12	30.01	-0.175	30.74	-0.532	31.63	-0.933	32.31	-1.196
											33.87	-1.659	34.70	-1.824	35.44	-1.924	37.00	-1.989
											37.77	-1.973	40.84	-1.924	43.91	-1.900	45.00	-1.900
2T01	2025	213	216	2	1	1	1	2	152.00	11	38.77	-1.800	39.69	-1.896	40.60	-1.993	40.84	-2.018
											41.52	-2.089	41.64	-2.100	41.76	-2.107	41.88	-2.111
											42.00	-2.112	43.91	-2.100	45.00	-2.100		
2T02	2026	211	218	2	1	1	1	2	152.00	12	34.70	-1.900	35.38	-1.972	36.06	-2.043	36.74	-2.115
											37.06	-2.143	37.37	-2.161	37.69	-2.170	37.77	-2.170
											38.00	-2.168	40.84	-2.124	43.91	-2.100	45.00	-2.100
2T03	2027	211	218	2	1	1	1	2	152.00	13	32.63	-2.000	33.03	-2.042	33.42	-2.083	33.82	-2.125
											34.36	-2.173	34.70	-2.194	34.91	-2.204	35.45	-2.217
											36.00	-2.212	37.77	-2.173	40.84	-2.124	43.91	-2.100
2T04	2028	210	219	2	1	1	1	2	152.00	14	29.56	-2.100	30.26	-2.174	30.97	-2.248	31.63	-2.318
											31.67	-2.322	31.76	-2.329	31.84	-2.333	31.92	-2.335
											32.00	-2.334	34.70	-2.247	37.77	-2.173	40.84	-2.124
2T05	2029	209	220	2	1	1	1	2	152.00	15	26.49	-2.250	27.06	-2.310	27.63	-2.370	28.20	-2.430
											28.40	-2.447	28.56	-2.456	28.60	-2.457	28.80	-2.459
											29.00	-2.454	31.63	-2.347	34.70	-2.247	37.77	-2.173
2T06	2030	208	221	2	1	1	1	2	152.00	16	40.84	-2.124	43.91	-2.100	45.00	-2.100		
											23.42	-2.400	23.98	-2.459	24.54	-2.517	25.10	-2.576
											25.32	-2.595	25.49	-2.604	25.55	-2.606	25.77	-2.607
2T07	2031	207	222	2	1	1	1	2	152.00	17	26.00	-2.600	28.56	-2.474	31.63	-2.347	34.70	-2.247
											37.77	-2.173	40.84	-2.124	43.91	-2.100	45.00	-2.100
											20.35	-2.600	20.79	-2.647	21.24	-2.693	21.68	-2.740
2T08	2032	204	225	2	1	1	1	2	152.00	20	22.01	-2.768	22.34	-2.782	22.42	-2.783	22.67	-2.783
											23.00	-2.769	25.49	-2.627	28.56	-2.474	31.63	-2.347
											34.70	-2.247	37.77	-2.173	40.84	-2.124	43.91	-2.100
2T09	2033	205	224	2	1	1	1	2	152.00	19	45.00	-2.100						
											11.60	-0.175	12.80	-0.760	13.21	-0.960	14.00	-1.345
											15.20	-1.930	16.28	-2.391	16.42	-2.442	17.65	-2.784
2T10	2034	207	222	2	1	1	1	2	152.00	17	18.87	-2.956	19.35	-2.976	20.10	-2.957	22.42	-2.805
											25.49	-2.627	28.56	-2.474	31.63	-2.347	34.70	-2.247
											37.77	-2.173	40.84	-2.124	43.91	-2.100	45.00	-2.100
2T09	2033	205	224	2	1	1	1	2	152.00	19	14.30	-0.175	14.56	-0.324	14.82	-0.474	15.08	-0.623
											16.28	-1.262	17.13	-1.646	19.19	-2.342	19.35	-2.383
											21.24	-2.711	22.42	-2.774	23.30	-2.751	25.49	-2.627
2T10	2034	207	222	2	1	1	1	2	152.00	17	28.56	-2.474	31.63	-2.347	34.70	-2.247	37.77	-2.173
											40.84	-2.124	43.91	-2.100	45.00	-2.100		
											21.00	-0.175	21.04	-0.194	21.07	-0.213	21.11	-0.232

INFORMATIQUE

2T11 2035 208 221 2 1 1 1 2 152.00 16

22.42	-0.874	23.33	-1.255	25.49	-1.943	25.55	-1.959
27.78	-2.344	28.56	-2.404	30.00	-2.411	31.63	-2.347
34.70	-2.247	37.77	-2.173	40.84	-2.124	43.91	-2.100
45.00	-2.100						
24.30	-0.175	24.66	-0.329	25.03	-0.484	25.39	-0.638
25.49	-0.680	27.37	-1.365	28.56	-1.693	29.35	-1.865
31.32	-2.140	31.63	-2.163	33.30	-2.189	34.70	-2.147
37.77	-2.073	40.84	-2.024	43.91	-2.000	45.00	-2.000

CABLES NON SYMETRIQUES

CABLE	NUMERO	DEBUT	FIN	FAM	TRA	SYM	S	NBR	TO	NBP	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
1T08	1008	103	107	2	1	0	1	2	152.00	7	7.75	-0.175	10.00	-1.200	11.09	-1.540	14.16	-1.890
											17.23	-1.930	20.30	-1.210	23.37	-0.175		
1T09	1009	100	200	2	1	0	1	2	152.00	9	0.0	-0.190	3.69	-0.150	7.39	-0.120	11.09	-0.105
											51.00	-0.105	53.10	-0.110	53.20	-0.110	55.00	-0.350
											55.40	-0.380						

45.00 -2.000

CABLES NON SYMETRIQUES

NUMERO	NOMBRE DE POINTS	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
1008	7	7.75	-0.175	10.00	-1.200	11.09	-1.540	14.16	-1.890	17.23	-1.930
		20.30	-1.210	23.37	-0.175						
1009	24	0.0	-0.190	0.05	-0.189	3.69	-0.150	7.39	-0.120	11.09	-0.105
		14.16	-0.105	17.23	-0.105	20.30	-0.105	23.37	-0.105	26.44	-0.105
		29.51	-0.105	32.58	-0.105	35.65	-0.105	38.72	-0.105	41.79	-0.105
		44.86	-0.105	47.93	-0.105	51.00	-0.105	51.30	-0.106	53.00	-0.110
		53.10	-0.110	53.20	-0.110	55.00	-0.350	55.40	-0.380		
1001	19	0.0	-2.090	0.05	-2.090	1.00	-2.090	3.69	-2.090	7.39	-2.090
		11.09	-2.090	14.16	-2.114	17.23	-2.163	20.30	-2.237	23.37	-2.337
		26.44	-2.464	29.51	-2.617	32.58	-2.795	35.50	-2.988	35.65	-2.998
		36.04	-3.012	36.58	-3.008	37.12	-2.974	37.72	-2.905		
1002	27	0.0	-1.660	0.05	-1.669	0.29	-1.712	0.58	-1.763	0.88	-1.815
		1.66	-1.935	2.44	-2.021	3.22	-2.073	3.69	-2.087	4.00	-2.090
		7.39	-2.090	11.09	-2.090	14.16	-2.114	17.23	-2.163	20.30	-2.237
		23.37	-2.337	26.44	-2.464	29.51	-2.617	32.00	-2.759	32.55	-2.779
		32.58	-2.779	33.11	-2.771	33.66	-2.735	34.22	-2.671	34.36	-2.651
		34.51	-2.630	34.65	-2.610						
1003	25	0.0	-1.100	0.05	-1.113	0.96	-1.358	1.93	-1.616	2.89	-1.874
		3.29	-1.969	3.69	-2.035	4.10	-2.077	4.50	-2.090	7.39	-2.090
		11.09	-2.090	14.16	-2.114	17.23	-2.163	20.30	-2.237	23.37	-2.337
		26.44	-2.464	28.50	-2.564	29.25	-2.581	29.51	-2.577	29.99	-2.555
		30.74	-2.488	31.48	-2.377	31.51	-2.372	31.55	-2.366	31.58	-2.360
1004	22	0.0	-0.620	0.05	-0.635	1.54	-1.090	3.08	-1.561	3.69	-1.748
		4.62	-2.031	4.71	-2.057	4.81	-2.075	4.90	-2.086	5.00	-2.090
		7.39	-2.090	11.09	-2.090	14.16	-2.114	17.23	-2.163	20.00	-2.229
		20.30	-2.231	20.62	-2.220	20.93	-2.196	21.24	-2.158	21.62	-2.106
		21.99	-2.053	22.37	-2.000						
1005	22	3.00	-1.860	3.04	-1.866	3.07	-1.873	3.11	-1.879	3.69	-1.969
		4.30	-2.037	4.90	-2.077	5.50	-2.090	7.39	-2.090	11.09	-2.090
		14.16	-2.114	17.23	-2.163	20.30	-2.237	23.37	-2.337	26.00	-2.444
		26.44	-2.453	26.86	-2.443	27.29	-2.412	27.71	-2.362	27.98	-2.325
		28.24	-2.287	28.51	-2.250						
1006	22	6.00	-1.860	6.09	-1.873	6.18	-1.886	6.27	-1.898	6.95	-1.982
		7.39	-2.023	7.64	-2.042	8.32	-2.078	9.00	-2.090	11.09	-2.090
		14.16	-2.114	17.23	-2.163	20.30	-2.237	23.37	-2.337	24.00	-2.361
		24.20	-2.364	24.40	-2.358	24.60	-2.344	24.80	-2.320	25.01	-2.290
		25.23	-2.260	25.44	-2.230						
1007	24	3.25	-0.175	3.69	-0.380	3.73	-0.397	4.20	-0.619	4.68	-0.842
		6.01	-1.385	7.34	-1.773	7.39	-1.785	8.67	-2.007	10.00	-2.087
		11.09	-2.090	14.16	-2.114	17.23	-2.163	20.30	-2.237	21.00	-2.258
		22.90	-2.197	23.37	-2.146	24.80	-1.901	26.44	-1.455	26.70	-1.369
		28.60	-0.602	28.90	-0.459	29.20	-0.317	29.51	-0.175		

CALENDRIER DE COULAGE

CONSOLE DROITE TRAVEE 1

INTERVALLE DE TEMPS ENTRE

	AGE DU VOUSOIR LORS DE LA MISE EN TENSION	CETTE MISE EN TENSION ET L'AVANCEMENT DU CHARIOT	CET AVANCEMENT ET LE COULAGE DU VOUSOIR SUIVANT
VOUSOIR 1	8.0	2.0	5.0
VOUSOIR COURANT	7.0	2.0	5.0
INTERVALLE DE TEMPS ENTRE			
DERNIER VOUSOIR	7.0	CETTE MISE EN TENSION ET LE REMPLACEMENT DU CHARIOT PAR L'ECHAFAUDAGE SUSPENDU 0.5	CETTE MISE EN PLACE ET LE COULAGE DU VOUSOIR DE CLE 8.5

CONSOLE GAUCHE TRAVEE 2

INTERVALLE DE TEMPS ENTRE

	AGE DU VOUSOIR LORS DE LA MISE EN TENSION	CETTE MISE EN TENSION ET L'AVANCEMENT DU CHARIOT	CET AVANCEMENT ET LE COULAGE DU VOUSOIR SUIVANT
VOUSOIR 1	8.0	2.0	5.0
VOUSOIR COURANT	7.0	2.0	5.0
INTERVALLE DE TEMPS ENTRE			
DERNIER VOUSOIR	7.0	CETTE MISE EN TENSION ET LE REMPLACEMENT DU CHARIOT PAR L'ECHAFAUDAGE SUSPENDU 1.0	CETTE MISE EN PLACE ET LE COULAGE DU VOUSOIR DE CLE 43.0

CONSOLE DROITE TRAVEE 2

INTERVALLE DE TEMPS ENTRE

	AGE DU VOUSOIR LORS DE LA MISE EN TENSION	CETTE MISE EN TENSION ET L'AVANCEMENT DU CHARIOT	CET AVANCEMENT ET LE COULAGE DU VOUSOIR SUIVANT
VOUSOIR 1	8.0	2.0	5.0
VOUSOIR COURANT	7.0	2.0	5.0
INTERVALLE DE TEMPS ENTRE			
DERNIER VOUSOIR	7.0	CETTE MISE EN TENSION ET LE REMPLACEMENT DU CHARIOT PAR L'ECHAFAUDAGE SUSPENDU 1.0	CETTE MISE EN PLACE ET LE COULAGE DU VOUSOIR DE CLE 14.0

CONSOLE GAUCHE TRAVEE 3

INTERVALLE DE TEMPS ENTRE

	AGE DU VOUSOIR LORS DE LA MISE EN TENSION	CETTE MISE EN TENSION ET L'AVANCEMENT DU CHARIOT	CET AVANCEMENT ET LE COULAGE DU VOUSOIR SUIVANT

VOUSSOIR 1
VOUSSOIR COURANT

8.0
7.0

2.0
2.0

5.0
5.0

INTERVALLE DE TEMPS ENTRE

DERNIER VOUSSOIR

AGE DU VOUSSOIR LORS
DE LA MISE EN TENSION
7.0

CETTE MISE EN TENSION ET LE REMPLACEMENT
DU CHARIOT PAR L'ÉCHAFAUDAGE SUSPENDU
0.5

CETTE MISE EN PLACE ET LE
COULAGE DU VOUSSOIR DE CLE
0.5

ORDRE DE CLAVAGE ET CHANGEMENTS D'APPUI

TRAVÉE CLAVÉE	APPUI NOMBRE	CHANGES APRES CLAVAGE NUMERO(S)
1	1	2
3	1	3
2	0	

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DES SYSTEMES D APPUIS

A P P U I 1

0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	-.750000E-04	0.106000E-03	0.696000E-05	1 P S 1
0.150000E-02	-.202000E-02	-.750000E-04	0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	1 P S 2
0.106000E-03	-.202000E-02	0.426000E-02	0.750000E-04	-.106000E-03	-.540000E-06	1 P S 3
0.750000E-04	-.106000E-03	0.696000E-05				1 P S 4
0.750000E-03	-.101000E-02	0.213000E-02	-.375000E-04	0.503000E-04	0.348000E-05	1 D I 1
0.750000E-03	-.101000E-02	-.375000E-04	0.750000E-03	-.101000E-02	0.213000E-02	1 D I 2
0.503000E-04	-.101000E-02	0.213000E-02	0.375000E-04	-.503000E-04	-.270000E-06	1 D I 3
0.375000E-04	-.503000E-04	0.348000E-05				1 D I 4
0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	-.750000E-04	0.106000E-03	0.696000E-05	1 D S 1
0.150000E-02	-.202000E-02	-.750000E-04	0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	1 D S 2
0.106000E-03	-.202000E-02	0.426000E-02	0.750000E-04	-.106000E-03	-.540000E-06	1 D S 3
0.750000E-04	-.106000E-03	0.696000E-05				1 D S 4

A P P U I 2

0.247905E-05	-.222396E-04	0.253298E-03	-.495811E-05	0.444791E-04	0.123724E-04	2 P S 1
0.247905E-05	-.222396E-04	-.495811E-05	0.247905E-05	-.222396E-04	0.253298E-03	2 P S 2
0.444791E-04	-.222396E-04	0.253298E-03	0.495811E-05	-.444791E-04	-.746003E-05	2 P S 3
0.495811E-05	-.444791E-04	0.123724E-04				2 P S 4
0.834379E-05	-.276785E-04	0.401892E-03	-.834373E-07	0.276785E-06	0.945245E-06	2 D I 1
0.834368E-05	-.276785E-04	-.834373E-07	0.834379E-05	-.276785E-04	0.401892E-03	2 D I 2
0.276785E-06	-.276785E-04	0.401892E-03	0.834373E-07	-.276785E-06	0.943576E-06	2 D I 3
0.834373E-07	-.276785E-06	0.945245E-06				2 D I 4
0.175154E-04	-.629169E-04	0.886807E-03	-.175153E-06	0.629169E-06	0.270930E-05	2 D S 1
0.175151E-04	-.629169E-04	-.175153E-06	0.175154E-04	-.629169E-04	0.886806E-03	2 D S 2
0.629169E-06	-.629169E-04	0.886807E-03	0.175153E-06	-.629169E-06	0.270580E-05	2 D S 3
0.175153E-06	-.629169E-06	0.270930E-05				2 D S 4

A P P U I 3

0.247905E-05	-.222396E-04	0.253298E-03	-.495811E-05	0.444791E-04	0.123724E-04	3 P S 1
0.247905E-05	-.222396E-04	-.495811E-05	0.247905E-05	-.222396E-04	0.253298E-03	3 P S 2
0.444791E-04	-.222396E-04	0.253298E-03	0.495811E-05	-.444791E-04	-.746003E-05	3 P S 3
0.495811E-05	-.444791E-04	0.123724E-04				3 P S 4
0.834379E-05	-.276785E-04	0.401892E-03	-.834373E-07	0.276785E-06	0.945245E-06	3 D I 1
0.834368E-05	-.276785E-04	-.834373E-07	0.834379E-05	-.276785E-04	0.401892E-03	3 D I 2
0.276785E-06	-.276785E-04	0.401892E-03	0.834373E-07	-.276785E-06	0.943576E-06	3 D I 3
0.834373E-07	-.276785E-06	0.945245E-06				3 D I 4
0.175154E-04	-.629169E-04	0.886807E-03	-.175153E-06	0.629169E-06	0.270930E-05	3 D S 1
0.175151E-04	-.629169E-04	-.175153E-06	0.175154E-04	-.629169E-04	0.886806E-03	3 D S 2
0.629169E-06	-.629169E-04	0.886807E-03	0.175153E-06	-.629169E-06	0.270580E-05	3 D S 3
0.175153E-06	-.629169E-06	0.270930E-05				3 D S 4

A P P U I 4

0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	-.750000E-04	0.106000E-03	0.696000E-05	4 P S 1
0.150000E-02	-.202000E-02	-.750000E-04	0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	4 P S 2
0.106000E-03	-.202000E-02	0.426000E-02	0.750000E-04	-.106000E-03	-.540000E-06	4 P S 3
0.750000E-04	-.106000E-03	0.696000E-05				4 P S 4
0.750000E-03	-.101000E-02	0.213000E-02	-.375000E-04	0.503000E-04	0.348000E-05	4 D I 1
0.750000E-03	-.101000E-02	-.375000E-04	0.750000E-03	-.101000E-02	0.213000E-02	4 D I 2
0.503000E-04	-.101000E-02	0.213000E-02	0.375000E-04	-.503000E-04	-.270000E-06	4 D I 3
0.375000E-04	-.503000E-04	0.348000E-05				4 D I 4
0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	-.750000E-04	0.106000E-03	0.696000E-05	4 D S 1
0.150000E-02	-.202000E-02	-.750000E-04	0.150000E-02	-.202000E-02	0.426000E-02	4 D S 2
0.106000E-03	-.202000E-02	0.426000E-02	0.750000E-04	-.106000E-03	-.540000E-06	4 D S 3
0.750000E-04	-.106000E-03	0.696000E-05				4 D S 4

CORRESPONDANCE ENTRE LES INDICATEURS ALPHANUMÉRIQUES ET LES NUMÉROS NECESSAIRES AU CALCUL

INDICATEUR ALPHANUMÉRIQUE	NUMÉRO V.E.P.
1T01	1001
1T02	1002
1T03	1003
1T04	1004
1T05	1005
1T06	1006
1T07	1007
1T08	1008
1T09	1009
2A01	2001
2A02	2002
2A03	2003
2A04	2004
2A05	2005
2A06	2006
2A07	2007
2A08	2008
2A09	2009
2A10	2010
2A11	2011
2A12	2012
2A13	2013
2A14	2014
2A15	2015
2A16	2016
2A17	2017
2A18	2018
2A19	2019
2A20	2020
2A21	2021
2A22	2022
2A23	2023
2A24	2024
2T01	2025
2T02	2026
2T03	2027
2T04	2028
2T05	2029
2T06	2030
2T07	2031
2T08	2032
2T09	2033
2T10	2034
2T11	2035
2T12	2036
2T13	2037

PÉTUN 3

APPLI 2911 VEP 77 EXEMPLE TYPE SYSTEME C APPUIS PROVISOIRES (PILE)

269 20 20 1120 2

1 5535 1271

6511 190 20106 03217 16

30

30 6300.

30 13400.

51 8200.

49 2300.

-175 450

-175 00

-175 -450

175 450

175 00

175 -450

05

05

05

05

05

05

DONNEES DU MODULE APPUIS

(SYSTEMES D'APPUIS 2)

APPUI 2612 VEP 77 EXEMPLE TYPE SYSTEME D APPUIS DEFINITIFS SUR PILE

NEOPRENE1108 39 0075 50012 80

269 001 001 1120 2

13095 831

1 5535 1271

6511 190 20106 03217 16

30

30 6300.

30 13400.

51 8200.

49 2300.

-175 450

-175 00

-175 -450

175 450

175 00

175 -450

05

05

05

05

05

05

MODULES D'ELASTICITE GENERAUX DU BETON PRIS EN COMPTE (T/M2)

E INSTANTANE = 300000.0

E SOUTENU = 100000.0

G INSTANTANE = 119999.9

G SOUTENU = 40000.0

SYSTEME D APPUIS NUMERO 2

VEP 77 EXEMPLE TYPE SYSTEME D APPUIS PROVISOIRES (PILE)

PROVISoire
PILE SIMPLE ENCASTREE SUR LE TABLIER
SEMELLE SUR PIEUX

DONNEES DEFINISSANT LA STRUCTURE SITUEE AU DESSUS DE LA SEMELLE

EXCENTREMENT C. D. G. TABLIER = 2.690 M
EXCENTREMENT E2 = 2.000 M
EXCENTREMENT E3 = 2.000 M
HAUTEUR FUT DE PILE = 11.200 M
EPAISSEUR DE LA SEMELLE = 2.000 M

CARACTERISTIQUES DE(S) BARRE(S)

FUT DE PILE

INERTIE = 5.5350 M4
SECTION = 12.7100 M2
SECTION REDUITE A L EFFORT TRANCHANT = 0.0 M2

MODULES D ELASTICITE PRIS EN COMPTE (T/M2)

EI = 3000000.0 EV = 1000000.0 GI = 1199999.9 GV = 400000.0

DONNÉES DÉFINISSANT LA FONDATION SUR PIEUX

PIEUX EN BETON
 NOMBRE DE PIEUX 6
 NOMBRE DE COUCHE(S) DE TERRAIN 5
 PIEUX ENCASTRÉS EN TÊTE
 PIEUX LIBRES EN PIED
 HAUTEUR TOTALE DE FONDATION 19.000 M
 SECTION DROITE D'UN PIEU 2.0106 M²
 INERTIE DE TORSION 0.0 M⁴
 INERTIE DE FLEXION 0.32170 M⁴
 LARGEUR D'APPLICATION SUR LE SOL 1.600 M
 MODULES D'ÉLASTICITÉ PRIS EN COMPTE (T/M²)
 INSTANTANÉ = 3000000.0 SOUTENU = 1000000.0

CARACTÉRISTIQUES DU SOL DE FONDATION

(LES COUCHES SONT DÉCRITES DE HAUT EN BAS)

COUCHE NUMERO	ÉPAISSEUR (M)	MODULE LATÉRAL INSTANTANÉ (T/M ³)	MODULE LATÉRAL SOUTENU (T/M ³)
1	3.000	0.0	0.0
2	3.000	6300.000	3150.000
3	3.000	13400.000	6700.000
4	5.100	8200.000	4100.000
5	4.900	2300.000	1150.000

DÉFINITION GÉOMÉTRIQUE DU GROUPE DE PIEUX

PIEU NUMERO	XI (M)	YI (M)	PHI (DEGRÉS)	ALPHA (DEGRÉS)	RO
1	-1.750	4.500	0.0	0.0	0.50
2	-1.750	0.0	0.0	0.0	0.50
3	-1.750	-4.500	0.0	0.0	0.50
4	1.750	4.500	0.0	0.0	0.50
5	1.750	0.0	0.0	0.0	0.50
6	1.750	-4.500	0.0	0.0	0.50

C O E F F I C I E N T S I N S T A N T A N E S

0.827489D-06	-.738793D-05	0.858583D-04	-.165498D-05	0.147759D-04	0.412868D-05	2PI1
0.827489D-06	-.738793D-05	-.165498D-05	0.827489D-06	-.738793D-05	0.858583D-04	2PI2
0.147759D-04	-.738793D-05	0.858583D-04	0.165498D-05	-.147759D-04	-.249123D-05	2PI3
0.165498D-05	-.147759D-04	0.412868D-05				2PI4

C O E F F I C I E N T S S O U T E N U S

0.247905D-05	-.222396D-04	0.253298D-03	-.495811D-05	0.444791D-04	0.123724D-04	2PS1
0.247905D-05	-.222396D-04	-.495811D-05	0.247905D-05	-.222396D-04	0.253298D-03	2PS2
0.444791D-04	-.222396D-04	0.253298D-03	0.495811D-05	-.444791D-04	-.746003D-05	2PS3
0.495811D-05	-.444791D-04	0.123724D-04				2PS4

SYSTEME D'APPUI NUMERD 2 VEP 77 EXEMPLE TYPE SYSTEME D'APPUI DEFINITIFS SUR PILE

DEFINITE
PILE SIMPLE AVEC DEUX FILES D'APPUI NEOPRENE
SEMELLE SUR PIEUX

DONNEES DEFINISSANT LA STRUCTURE SITUEE AU DESSUS DE LA SEMELLE

FILE D APPUIS NEOPRENE CALCULEE SELON LE B. T. 4 (EDITION 1974)

NOMBRE D APPAREIL(S) D APPUI DANS UNE FILE =	1
DIMENSION D UN APPAREIL DANS L AXE DU PONT =	0.800 M
DIMENSION D UN APPAREIL PERPENDICULAIRE A L AXE DU PONT =	0.900 M
EPAISSEUR TOTALE D UN APPAREIL D APPUI =	0.0750 M
NOMBRE DE FEUILLET(S) D ELASTOMERE =	5
EPAISSEUR D UN FEUILLET =	0.0120 M
MODULE D ELASTICITE TRANSVERSAL DU NEOPRENE =	80.0 T/M2
EXCENTREMENT C. D. G. TABLIER =	2.690 M
EXCENTREMENT E2 =	0.010 M
EXCENTREMENT E3 =	0.010 M
HAUTEUR FUT DE PILE =	11.200 M
EPAISSEUR DE LA SEMELLE =	2.000 M

CARACTERISTIQUES DE(S) BARRE(S)

TABLIER

INERTIE =	30.9500	M4	
SECTION =	8.3100	M2	
SECTION REDUITE A L EFFORT TRANCHANT =	0.0	M2	
MODULES D ELASTICITE PRIS EN COMPTE (T/M2)			
EI = 3000000.0	EV = 1000000.0	GI = 1199999.9	GV = 400000.0

FUT DE PILE

INERTIE =	5.5350	M4	
SECTION =	12.7100	M2	
SECTION REDUITE A L EFFORT TRANCHANT =	0.0	M2	
MODULES D ELASTICITE PRIS EN COMPTE (T/M2)			
EI = 3000000.0	EV = 1000000.0	GI = 1199999.9	GV = 400000.0

DONNÉES DÉFINISSANT LA FONDATION SUR PIEUX

PIEUX EN BETON
 NOMBRE DE PIEUX 6
 NOMBRE DE COUCHE(S) DE TERRAIN 5
 PIEUX ENCASTRES EN TÊTE
 PIEUX LIBRES EN PIED
 HAUTEUR TOTALE DE FONDATION 19.000 M
 SECTION DROITE D'UN PIEU 2.0106 M²
 INERTIE DE TORSION 0.0 M⁴
 INERTIE DE FLEXION 0.32170 M⁴
 LARGEUR D'APPLICATION SUR LE SOL 1.600 M
 MODULES D'ÉLASTICITÉ PRIS EN COMPTE (T/M²)
 INSTANTANÉ = 3000000.0 SOUTENU = 1000000.0

CARACTÉRISTIQUES DU SOL DE FONDATION

(LES COUCHES SONT DÉCRITES DE HAUT EN BAS)

COUCHE NUMÉRO	ÉPAISSEUR (M)	MODULE LATÉRAL INSTANTANÉ (T/M ³)	MODULE LATÉRAL SOUTENU (T/M ³)
1	3.000	0.0	0.0
2	3.000	6300.000	3150.000
3	3.000	13400.000	6700.000
4	5.100	8200.000	4100.000
5	4.900	2300.000	1150.000

DÉFINITION GÉOMÉTRIQUE DU GROUPE DE PIEUX

PIEU NUMÉRO	XI (M)	YI (M)	PHI (DEGRÉS)	ALPHA (DEGRÉS)	RO
1	-1.750	4.500	0.0	0.0	0.50
2	-1.750	0.0	0.0	0.0	0.50
3	-1.750	-4.500	0.0	0.0	0.50
4	1.750	4.500	0.0	0.0	0.50
5	1.750	0.0	0.0	0.0	0.50
6	1.750	-4.500	0.0	0.0	0.50

C O E F F I C I E N T S I N S T A N T A N E S

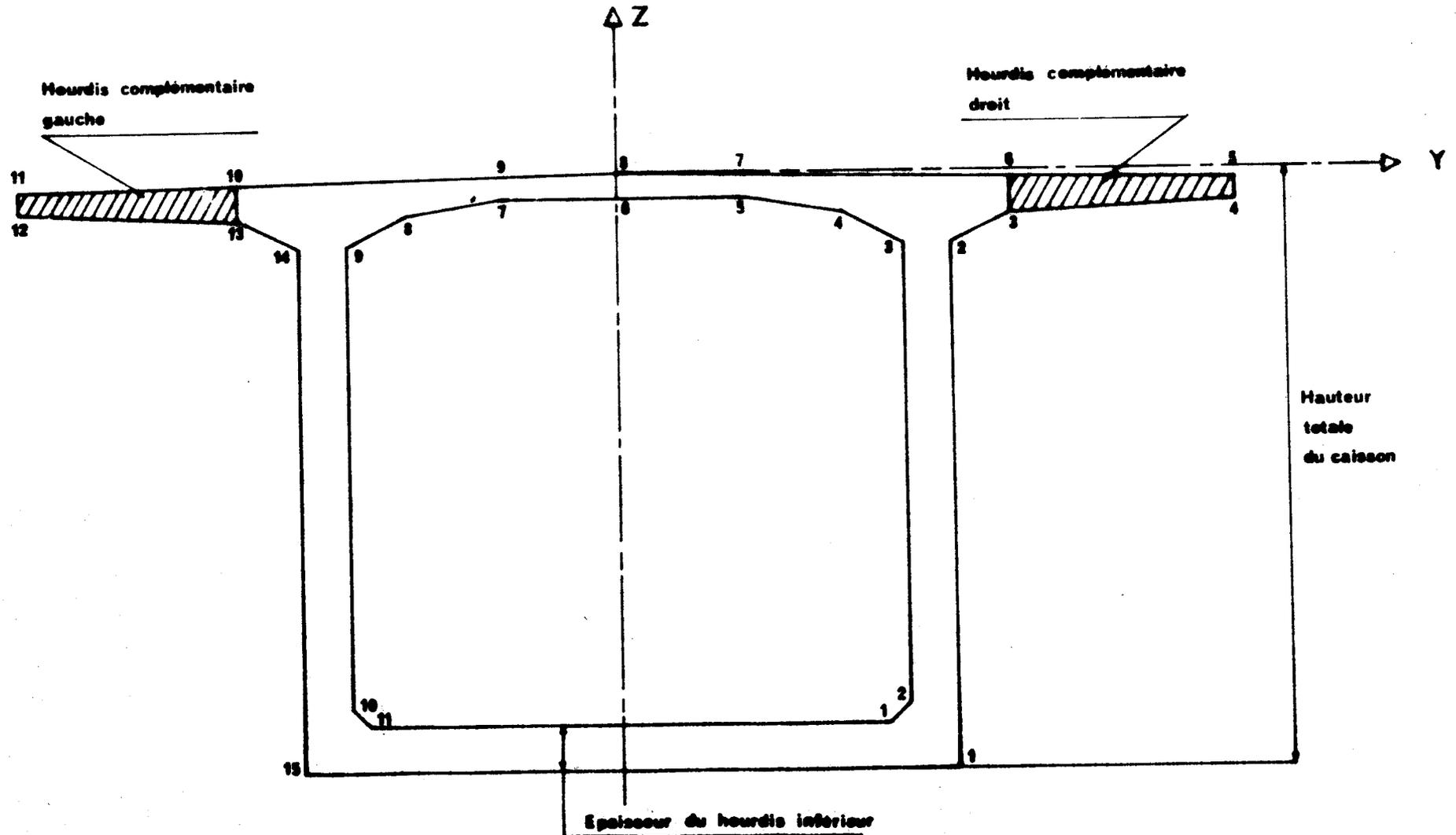
0.834379D-05	-.276785D-04	0.401892D-03	-.834373D-07	0.276785D-06	0.945245D-06	2D11
0.834368D-05	-.276785D-04	-.834373D-07	0.834379D-05	-.276785D-04	0.401892D-03	2D12
0.276785D-06	-.276785D-04	0.401892D-03	0.834373D-07	-.276785D-06	0.943576D-06	2D13
0.834373D-07	-.276785D-06	0.945245D-06				2D14

C O E F F I C I E N T S S O U T E N U S

0.175154D-04	-.629169D-04	0.886807D-03	-.175153D-06	0.629169D-06	0.270930D-05	2DS1
0.175151D-04	-.629169D-04	-.175153D-06	0.175154D-04	-.629169D-04	0.886806D-03	2DS2
0.629169D-06	-.629169D-04	0.886807D-03	0.175153D-06	-.629169D-06	0.270580D-05	2DS3
0.175153D-06	-.629169D-06	0.270930D-05				2DS4

VEP 77

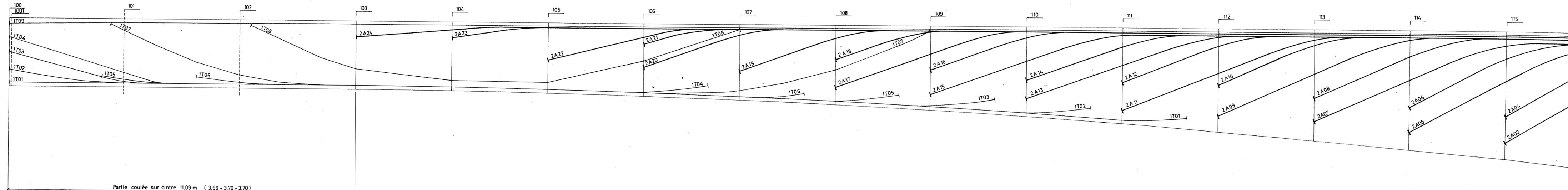
Exemple type Section de référence (sur pile)

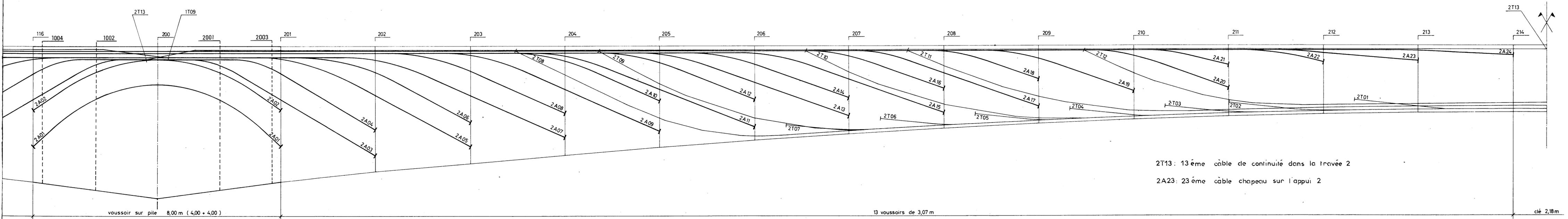


VEP 77

Exemple type

Précontrainte
Sections de vérification





VEP 77

DESSIN AUTOMATIQUE DE CONTROLE

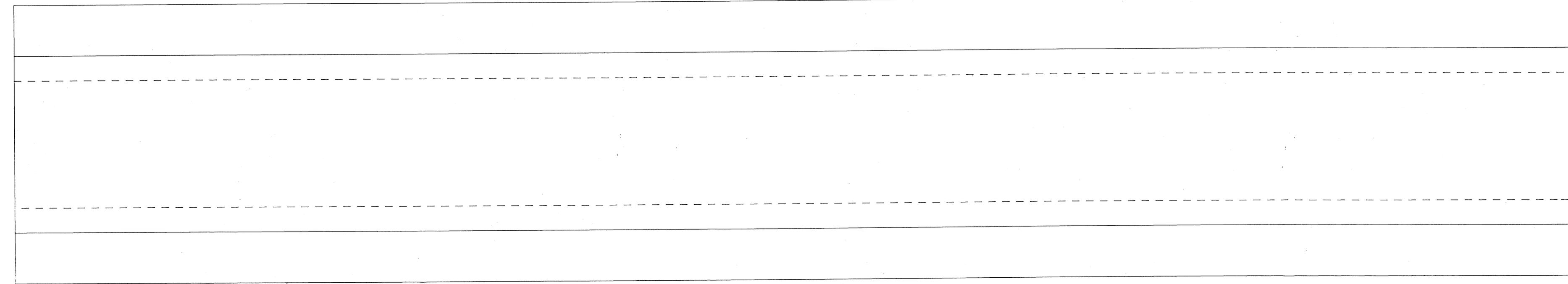
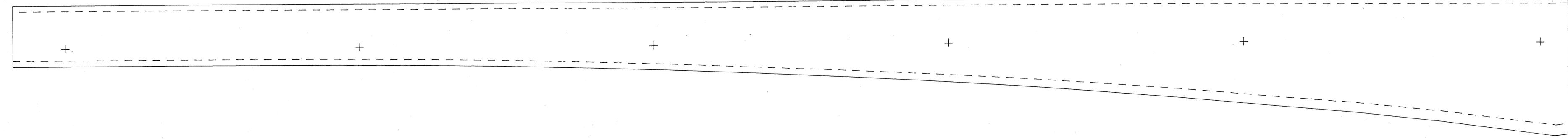
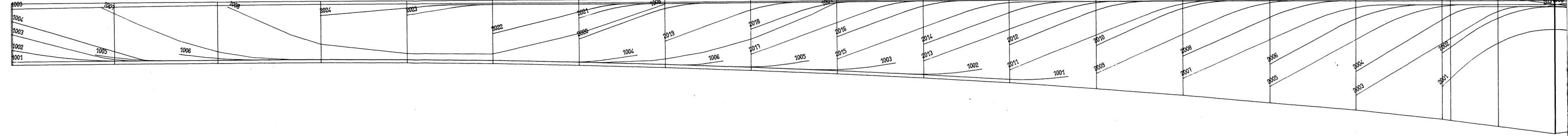
• V. E. P. 77 E X E M P L E T Y P E P O N T A 3 T R A V E E S S Y M E T R I Q U E . . .

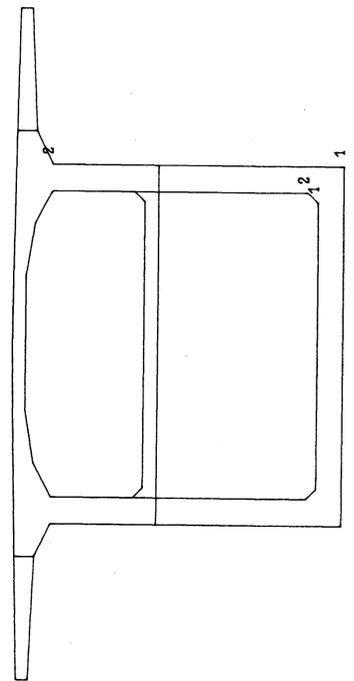
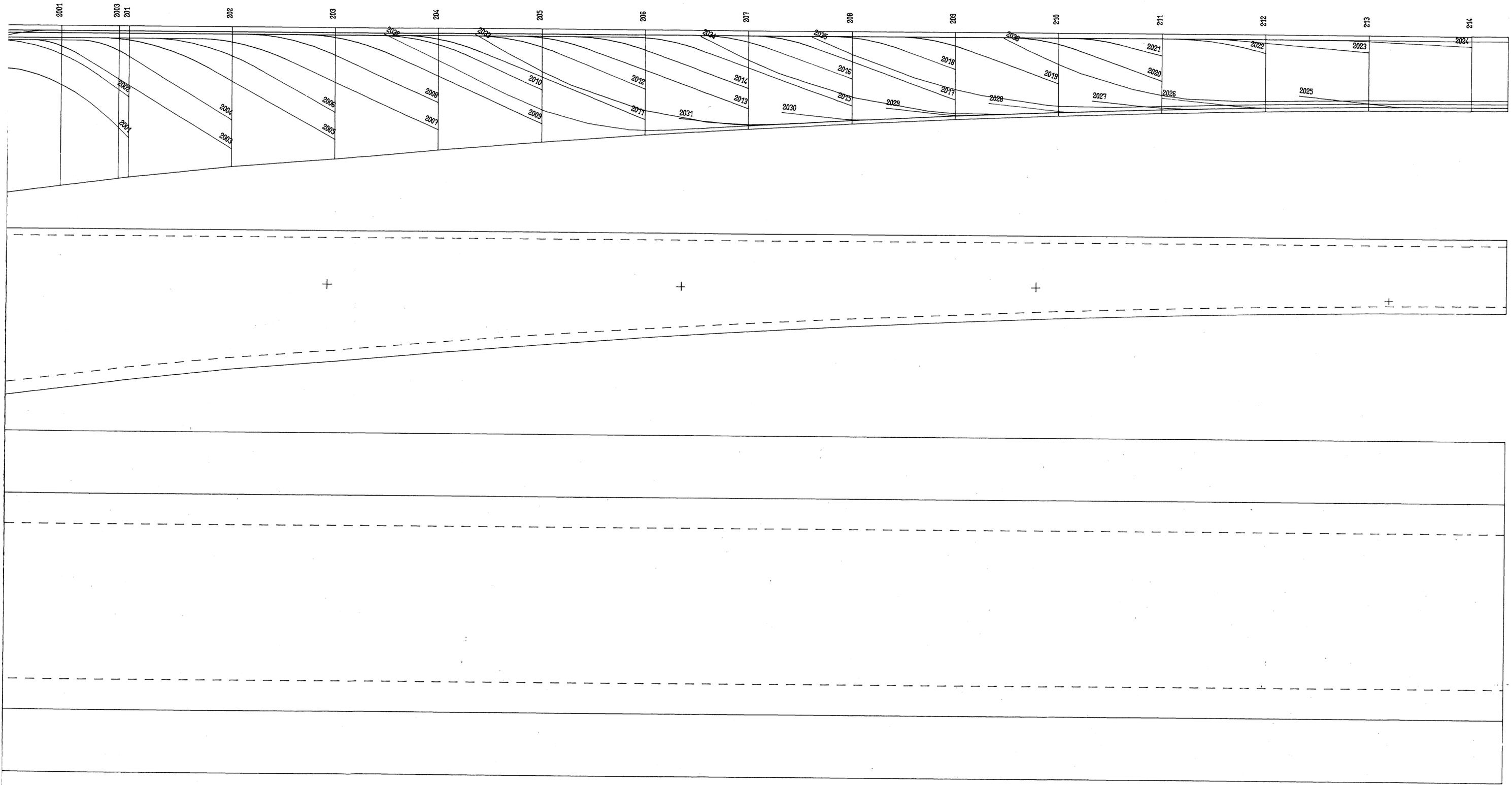
.. TRAVEES DE RIVE EN PARTIE COULEES SUR CINTRE ... APPUIS DEFINITIFS SIMPLES ..

V E P 77 E X E M P L E T Y P E

.....

LE 8 JUIN 1977 A 9H 42MN.





VEP 77

SETRA

SYSTEME DE VERIFICATION

DIVISION DES
OUVRAGES D'ART A

DE POUTRES EN BETON PRECONTRAIT CONSTRUITES PAR ENCORBELLEMENT

$$\Delta \sigma'_{irel} (h) = 4 \text{ Rel}_{0.8\infty} \cdot (\sigma'_i / R_G - 0.55) \cdot (h / 100000)^Y$$

$$\rho_{\infty} = \Psi \cdot \alpha_r \cdot \beta_r$$

$$\Delta \rho (t) = \rho_{\infty} \cdot (t - T)$$

$$\epsilon_f^i (t) = \epsilon_{i ti}^i \cdot \Phi \cdot \zeta (ti) \cdot V (t - ti)$$

$$\Phi = \Phi_c \cdot \alpha_f \cdot \beta_f$$

RTE PAR RELAXATION

PERTE	CABLE PERTE	CABLE PERTE	CABLE PERTE	CABLE PERTE	CABLE PERTE
0.28	2001	0.28			
IT PERTE	SECTION	FLUAGE DEFORMATION	PERTE	RETRAIT DEFORMATION	PERTE
0.057	GAUCHE 105	7.806	0.173	2.838	0.064
	DROITE	9.528		3.561	
0.082	GAUCHE 103	7.471	0.182	4.689	0.137

Analyse du système

PIECE n° 5

S Y S T E M E V . E . P .

- ANALYSE -

I N T R O D U C T I O N

Cette pièce comprend un chapitre pour chacun des six modules constituant le système V.E.P. 77 et présentés dans la pièce 1.

Son but est multiple :

- Préciser la méthode de résolution employée par le module APPUIS.
- Expliquer le fonctionnement du PRECOMPILATEUR et établir ainsi une correspondance entre les données fournies par l'utilisateur et celles exploitées par les modules de calcul.
- Indiquer le contenu des sorties graphiques de contrôle (module DESSIN).
- Expliciter l'ordre et le contenu des résultats fournis par chacun des trois modules de calcul (FLEAU, SURCHARGES, CONTINUITE).
- Préciser les méthodes employées par chacun des trois modules ci-dessus de manière à pouvoir éventuellement comparer les trois notes de calcul fournies avec d'autres obtenues par des procédés différents.

Le lecteur ne s'intéressant pas au cinquième point mais seulement au quatrième peut se limiter à l'examen des têtes de paragraphes et des parties indiquées en marge par un trait vertical, dans les chapitres IV, V et VI.

Concernant les trois modules de calcul, l'ordre de présentation suivi est celui des notes électroniques, lequel n'est pas un ordre didactique destiné à exposer les principes de calcul du béton précontraint.

CHAPITRE I : MODULE APPUIS

Méthode employée

Le schéma de structure le plus général est celui de la figure 1.

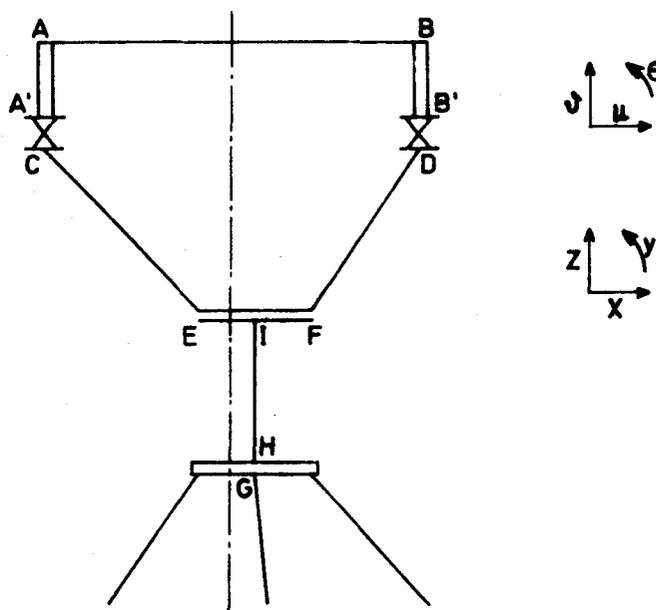


fig. 1

AB est une portion de tablier liée au système d'appuis, d'inertie constante.

AA' et BB' supposées infiniment rigides représentent l'excentrement du centre de gravité du tablier par rapport au point bas du caisson.

A'C et B'D sont deux files d'appui en élastomère fretté dont la ligne moyenne est supposée perpendiculaire au plan moyen de l'ouvrage.

CE et FD sont deux "voiles" en béton liés au fût de pile IH par une portion supposée infiniment rigide EF.

Le fût de pile est supposé encastré en H sur une semelle rigide qui repose sur un groupe de pieux.

Plusieurs formes de dégénérescence sont admises (voir pièce 6.2).

Le module établit dans un premier temps une matrice de rigidité R1 reliant les efforts appliqués aux noeuds A, B, C, D et G aux déplacements de ceux-ci (problème plan), en supposant H fixe.

Si on pose

$$\Delta = \begin{pmatrix} \theta \\ u \\ v \end{pmatrix} \text{ et } \Phi = \begin{pmatrix} M \\ N \\ T \end{pmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Phi_A \\ \Phi_B \\ \Phi_C \\ \Phi_D \\ \Phi_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{bmatrix} R1 \quad \times \quad \begin{bmatrix} \Delta_A \\ \Delta_B \\ \Delta_C \\ \Delta_D \\ \Delta_I \end{bmatrix}$$

En inversant R1 et en isolant le coin supérieur gauche, on obtient une matrice de souplesse S1 donnant les déplacements de A et B en fonction des efforts appliqués en ces points.

$$\begin{bmatrix} \Delta_A \\ \Delta_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Phi_A \\ \Phi_B \end{bmatrix} \quad (1)$$

D'autre part, connaissant la géométrie du groupe de pieux et les caractéristiques du sol de fondation, on peut déterminer une matrice de rigidité R2 (problèmes spatial) reliant les 6 efforts appliqués au point G (projection du milieu de AB sur la face inférieure de la semelle) aux 6 déplacements de ce point, et définie ainsi :

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix}_G = \begin{bmatrix} \\ \\ \\ \\ \\ \end{bmatrix} R2 \quad \times \quad \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \\ \theta_x \\ \theta_y \\ \theta_z \end{bmatrix}_G$$

En inversant R2 et en isolant les trois composantes "planes", on obtient une matrice de souplesse S2 définie ainsi :

$$\begin{bmatrix} \Delta_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Phi_G \end{bmatrix}$$

Si on pose :

$$\begin{bmatrix} \Phi_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Phi_A \\ \Phi_B \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{bmatrix} \Delta_A \\ \Delta_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \Delta_G \end{bmatrix} \quad (\text{T désigne la transposée})$$

La matrice de souplesse de la fondation "vue" des points A et B devient :

$$\begin{bmatrix} \Delta_A \\ \Delta_B \end{bmatrix} = (e)^T (\Delta 2) (e) \cdot \begin{bmatrix} \Phi_A \\ \Phi_B \end{bmatrix} \quad (2)$$

La superposition des relations (1) et (2) donne la matrice de souplesse du système d'appuis pour les points A et B :

$$(S) = (\Delta 1) + (e)^T \cdot (\Delta 2) \cdot (e)$$

CHAPITRE II : PRECOMPILATEUR

Le précompilateur V.E.P. a trois rôles principaux :

- contrôle des données,
- transformation des données élémentaires fournies par l'utilisateur en vue du calcul,
- rappel des données sous forme claire.

I - PRINCIPAUX CONTROLES EFFECTUES.

Ordres de grandeur de certaines données générales,
Compatibilité entre elles de certaines données générales,
Compatibilité des données sections avec les données générales,
Compatibilité des données câbles avec les données générales,
Géométrie du coffrage,
Géométrie du câblage,
Compatibilité d'ensemble coffrage câblage.

Remarque :

Le programme de dessin automatique permet une vérification plus fine et indique au gestionnaire du V.E.P. s'il y a lieu ou non de modifier certaines données (voir chapitre III).

II - PRINCIPALES TRANSFORMATIONS OPEREES.

Celles-ci concernent uniquement le câblage. On a fait allusion à ces transformations dans le commentaire des bordereaux de données. Un paquet de câbles est caractérisé par les cartes mots-clefs qui le précèdent et qui permettent au programme d'affecter à chaque câble deux indices nécessaires au traitement futur

- Un indice de famille qui vaut 1 pour les câbles chapeaux
2 pour les câbles de continuité.
- Un indice de tracé qui vaut 0 pour les câbles standard
1 pour les câbles par points.

Seuls ces deux types de câbles sont à prendre en compte en fin de transformation.

../..

L'utilisateur identifie chaque câble par un indicateur alphanumérique. Cet indicateur disparaît au profit d'une numérotation se fondant sur la convention suivante :

$1000 \times i + k$ est le numéro du $k^{\text{ième}}$ câble rencontré relatif à l'ensemble appui i + travée i .

A l'origine l'utilisateur définit trois types de câbles (symétriques ou non).

- . Câbles standard,
- . Câbles relevés (de continuité),
- . Câbles par points.

On appellera ici câble normal un câble qui n'est pas de continuité sur plus d'une travée.

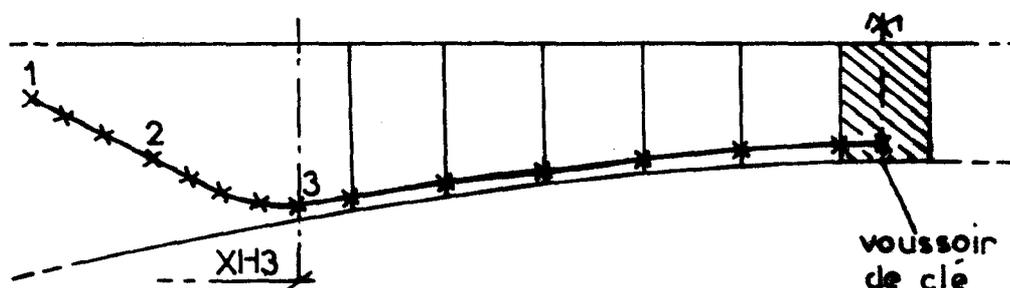
A l'issue de la transformation :

- les câbles standard normaux sont inchangés.
- les câbles relevés symétriques sont transformés en câbles par points symétriques.
- les câbles relevés non symétriques sont transformés en câbles par points non symétriques.
- les câbles par points sont adaptés aux sections de calcul en gardant leur symétrie s'il y a lieu.
- les câbles standard symétriques ou non de continuité couvrant plus d'une travée sont transformés en autant de câbles par points non symétriques qu'ils recouvrent de travée(s) définie(s) (voir codes identités et symétries dans le commentaire des bordereaux de données).
- les câbles par points de continuité couvrant plus d'une travée symétriques ou non, sont transformés de même en autant de câbles par points non symétriques que de travée(s) définie(s) couverte(s).

Remarque S'il le désire l'utilisateur peut définir lui-même par points un câble de continuité relevé.

II.1 - Transformation d'un câble relevé symétrique en un câble par points symétrique (fig. 2, 4 et 5)

Pour que la transformation s'opère correctement il faut que la travée soit symétrique. L'axe de symétrie est toujours au milieu du voussoir de clé.



Le précompilateur prend en compte :

- toutes les sections de calcul traversées et en plus,
 - le point d'entrée (1)
 - le point de tangence parabole-segment d'entrée (2)
 - deux points supplémentaires sur le segment d'entrée
 - le point de tangence parabole-parabole interpolant la parallèle à l'intrados (point 3 d'abscisse donnée XH 3)
 - trois points supplémentaires sur la parabole
 - le point médian.

Les abscisses des sommets de la polygonale coïncident avec celles des sections de calcul comprises entre le point 3 et le point médian.

II.2 - Transformation d'un câble relevé non symétrique en un câble par points non symétrique (fig. 3, 4 et 5)

La transformation s'opère de façon identique pour les parties gauche puis droite, la polygonale s'étendant entre les points d'abscisses XH 3 et XH 4.

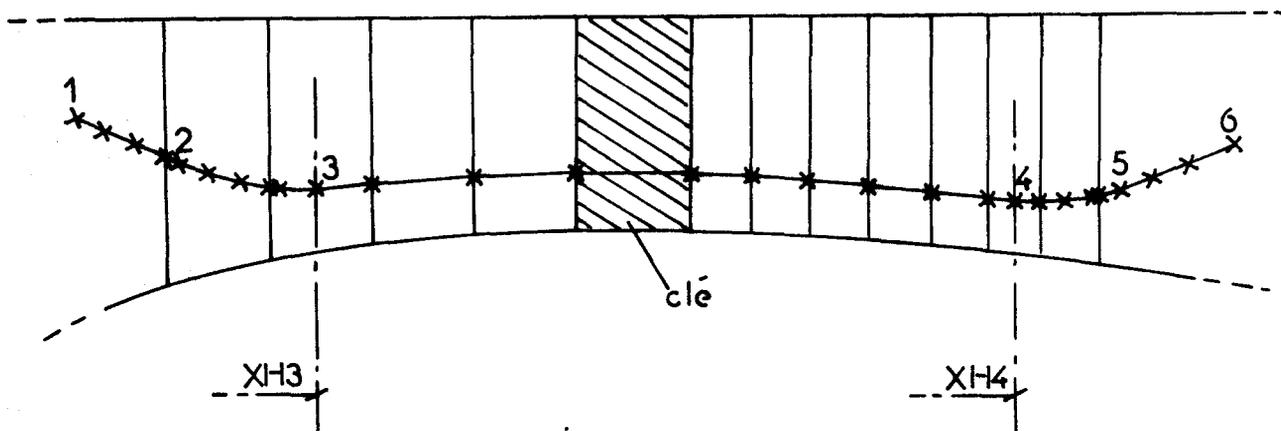


fig. 3

Points à prendre en compte sur un segment d'entrée (exemple)

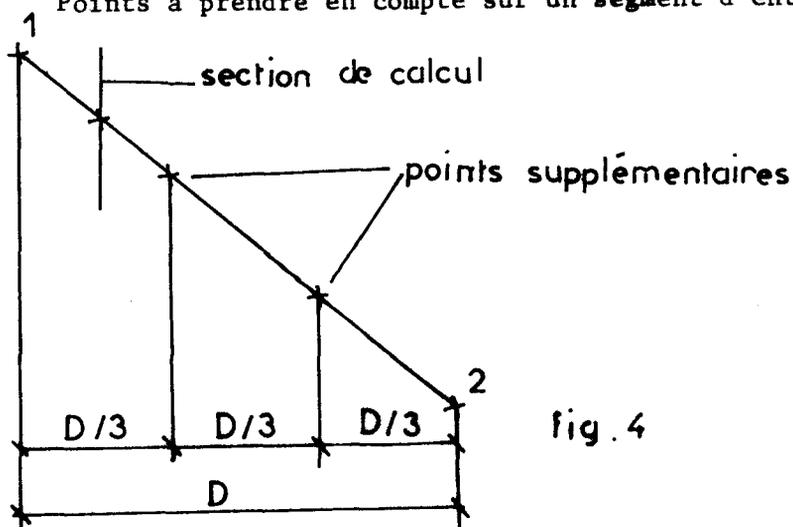


fig. 4

.../...

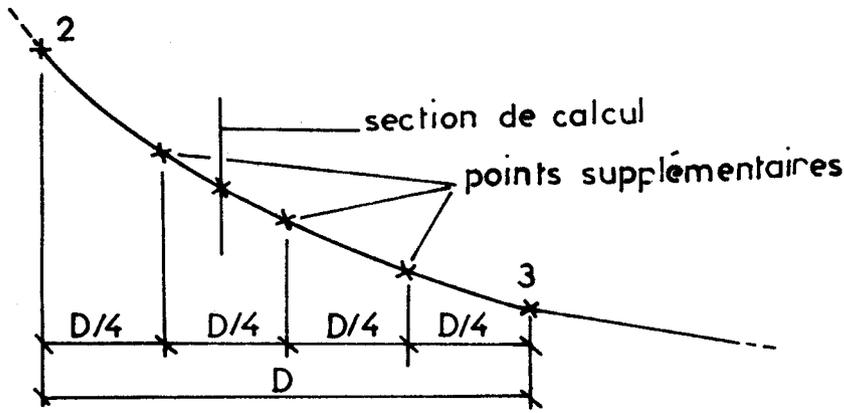


fig. 5

Cas particulier d'une parabole inexistante à gauche (exemple).

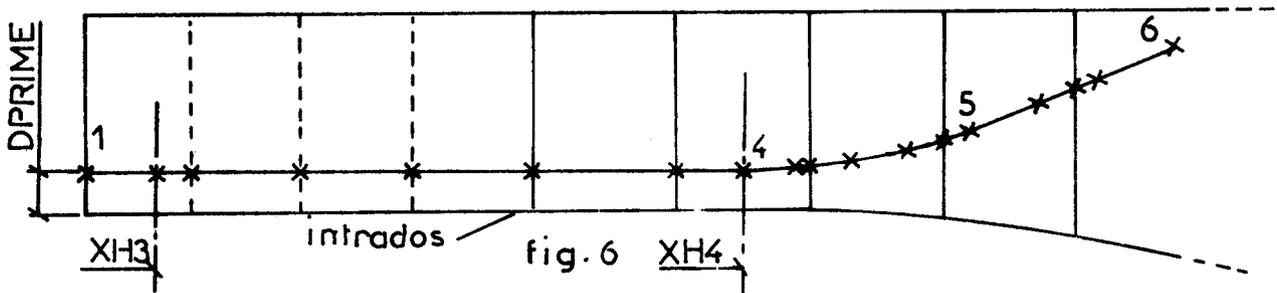


fig. 6

II.3 - Transformation d'un câble standard symétrique ou non, courant sur plus d'une travée en câble(s) par points (fig. 6).

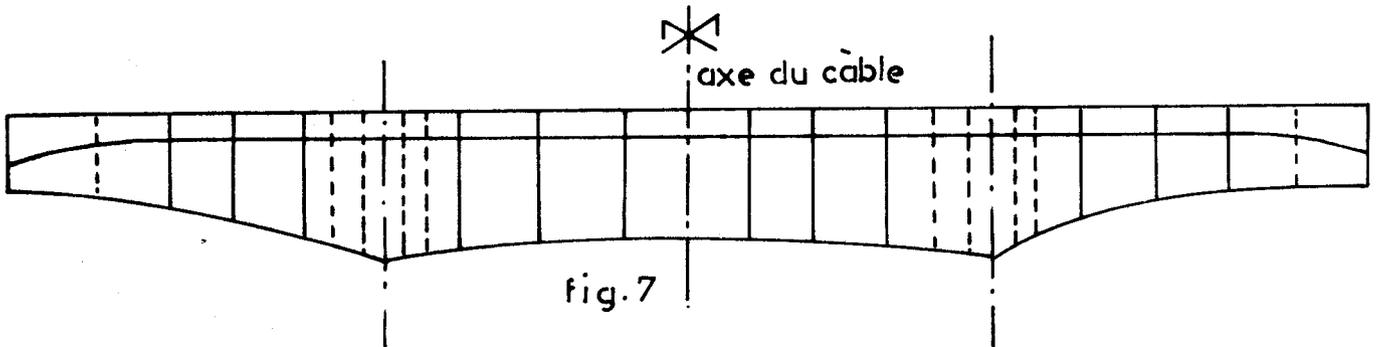


fig. 7

Dans cet exemple, on suppose le pont symétrique et le nombre de travées égal à 3.

Premier câble résultant relatif à la travée 1.

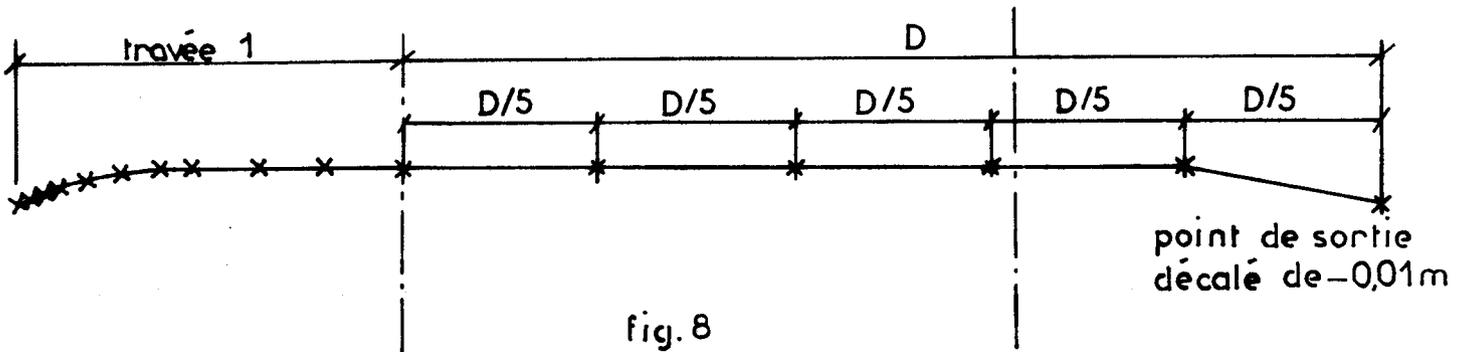
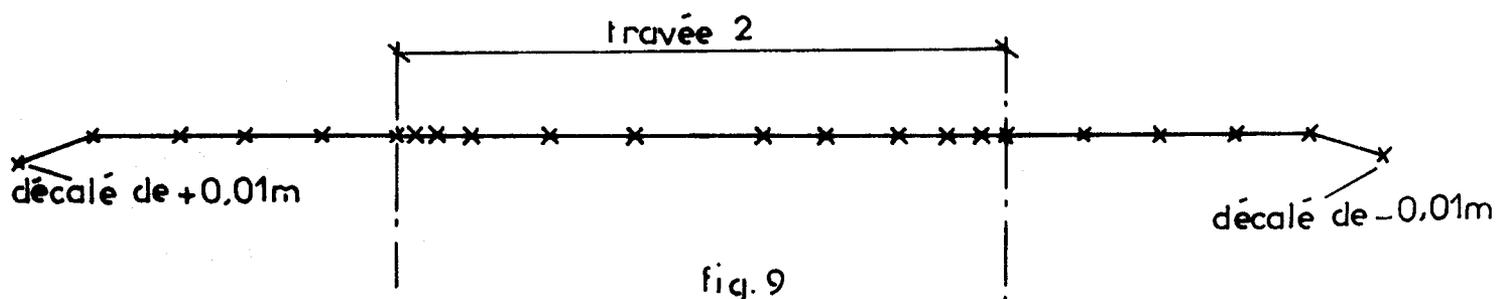


fig. 8

Les points à prendre en compte sont les suivants pour la travée 1 :

- point d'entrée,
- point de tangence segment d'entrée-parabole gauche,
- point de tangence parabole gauche-segment médian,
- toutes les sections de calcul de la travée 1 (si un des points ci-dessus coïncide avec une section de calcul, il ne sera pris en compte qu'une seule fois),
- les points supplémentaires sur segment d'entrée et parabole gauche (2 + 3),
- les points supplémentaires régulièrement espacés dans la partie droite restante et choisis volontairement en dehors de toute section de calcul (si un de ces 5 points coïncide avec une section de calcul, il sera déplacé vers la gauche de 0,01 m).

Deuxième câble résultant relatif à la travée 2.



Les points à considérer sont :

- toutes les sections de calcul de la travée 2,
- cinq points supplémentaires à droite et à gauche régulièrement espacés dans les parties restantes et choisis volontairement en dehors des sections de calcul.

Si la travée 3 n'est pas définie, le câble en question n'engendre pas de câble par points relatif à celle-ci.

S'il y a lieu de définir complètement la parabole et le segment d'entrée comme dans le cas de la figure 8, on doit considérer les mêmes points supplémentaires que sur la figure 4 pour le segment d'entrée et que sur la figure pour la parabole. Il est rappelé que le précompilateur ne gardera les points supplémentaires que pour le câble correspondant à la travée dans laquelle se trouve son origine, ou son extrémité s'il y a lieu.

II.4 - Transformation d'un câble par points courant sur plus d'une travée en câbles par points.

Si le câble est symétrique il est d'abord complété, puis les points se trouvant à ± 1 cm des sections de calcul sont ramenés sur ces sections (ajustement) leur cote restant inchangée.

Enfin les points correspondant aux sections de calcul traversées non donnés sont ajoutés, leur cote étant calculée par interpolation linéaire.

Exemple :

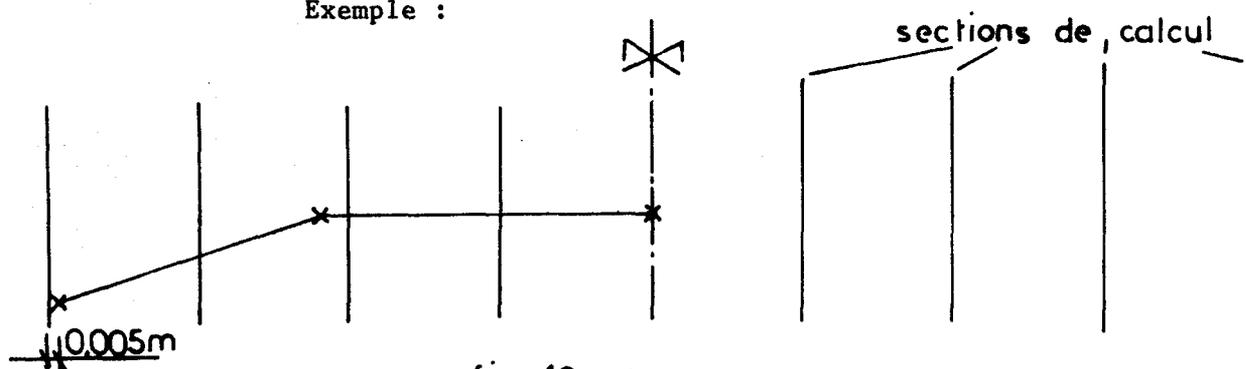


fig. 10 : Câble initial donné par 3 points.

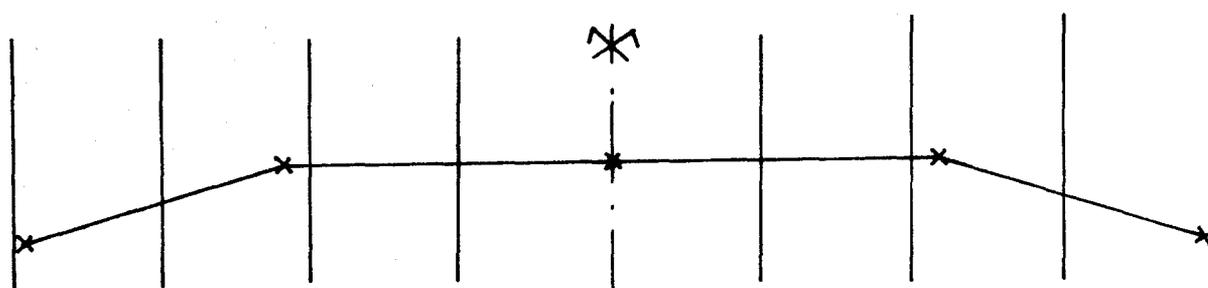


fig. 11 : Câble complété par symétrie (5 points).

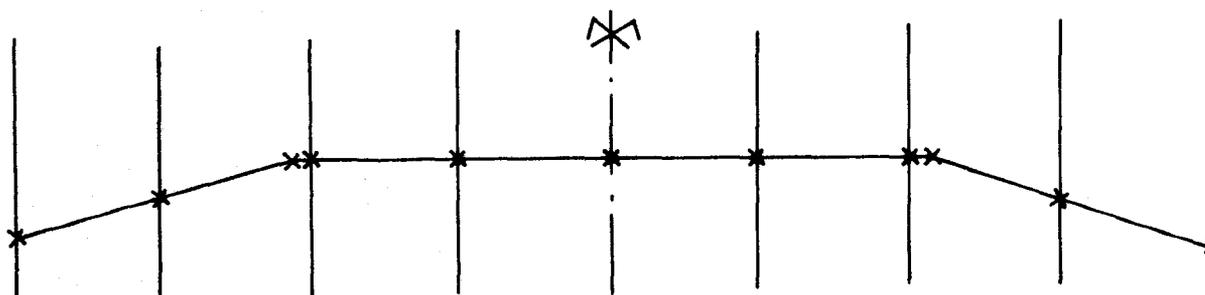


fig. 12 : Câble complet résultant ayant subi les opérations d'ajustement et d'interpolation (11 points).

La transformation en autant de câbles par points que de travées définies couvertes s'opère ensuite de façon analogue à celle des câbles standard, abstraction faite des points supplémentaires.

Remarque La numérotation des câbles résultant de ces transformations se fait à partir des numéros issus du comptage des câbles normaux.

II.5 - Transformation des câbles par points normaux.

Si le câble est symétrique il subit les trois opérations précédentes (complètement, ajustement, interpolation).

Le précompilateur vérifie ensuite si le câble résultant est bien symétrique. Si c'est le cas, il enregistre la moitié gauche.

Si le câble n'est pas symétrique il subit les deux opérations suivantes: ajustement et interpolation.

Le câble résultant est unique dans les deux cas.

Remarque : Le précompilateur peut supprimer certains points de manière à conserver des intervalles d'abscisses entre deux points consécutifs au moins égaux à 0,02 m. Ceci concerne le paragraphe II en entier.

III - RAPPEL DES DONNEES.

Le précompilateur rappelle les données générales puis il imprime un tableau des sections de calcul sous la forme suivante :

- indice : numéro d'ordre
- abscisse par rapport à l'extrémité gauche du pont
- numéro
- rang : numéro d'ordre dans le paquet de cartes sections (si la section n'est pas fournie le rang est nul).

Ensuite il rappelle les coordonnées des sommets des polygones définissant chaque section fournie par l'utilisateur.

Il fournit une liste des câbles par type dans l'ordre suivant :

- câbles standard symétriques
- câbles standard non symétriques
- câbles relevés symétriques
- câbles relevés non symétriques
- câbles courant sur plus d'une travée par points
- câbles courant sur plus d'une travée standard
- câbles par points symétriques fournis par l'utilisateur plus éventuellement ceux résultant de la transformation des câbles relevés symétriques.

- câbles par points non symétriques fournis par l'utilisateur
- câbles par points symétriques définitifs (après transformation)
- câbles par points non symétriques définitifs : câbles fournis par l'utilisateur transformés, et/ou ceux issus de la transformation des câbles courant sur plus d'une travée et/ou ceux issus de la transformation des câbles relevés non symétriques.

Il rappelle le calendrier de coulage, l'ordre de clavage et les changements d'appuis.

Enfin, il rappelle les coefficients de souplesse des systèmes d'appuis.

Pour une information complémentaire, consulter l'exemple type (pièce n° 4).

CHAPITRE III : MODULE DESSIN

Le module fournit un dessin automatique de contrôle du pont décrit par les données du V.E.P.

Il utilise le groupe de données contrôlé et transformé par le précompilateur.

Ses limitations sont identiques à celles du V.E.P.

Dans le cas d'un pont symétrique, il n'en dessine que la moitié gauche.

L'échelle de départ fixée à 1/50 peut être ramenée à 1/100 dans un cas exceptionnel (caisson de largeur importante ou erreur de donnée).

Le dessin comprend :

- 1 - une élévation du câblage et du contour extérieur du coffrage,
- 2 - une élévation du coffrage,
- 3 - une vue en plan du coffrage,
- 4 - une vue de la section de référence superposée à la section 100.

La répartition en blocs sur bande est la suivante :

bloc 0	dessins 1, 2 et 3	travée 1
bloc 1	dessins 1, 2 et 3	travée, ou demi-travée 2
bloc n	dessins 1, 2 et 3	travée, ou demi-travée n
bloc n + 1	dessin 4	

n est le nombre total de travée(s) et de demi-travée à dessiner.

On peut exécuter séparément le(s) dessin(s) correspondant à chaque bloc.

CHAPITRE IV : MODULE FLEAU

Dans ce chapitre le terme "programme" désigne le module FLEAU. Le terme "câble" désigne un ensemble de câbles dont le tracé est identique.

I - RAPPEL DES DONNEES GENERALES

Le programme rappelle en premier lieu sous forme claire toutes les données inscrites sur les bordereaux 1 à 6 sous le titre "DONNEES GENERALES". Il imprime également un tableau indiquant les abscisses et les numéros des diverses sections de définition du coffrage, l'origine étant prise dans l'axe du système d'appuis définitifs situé le plus à gauche (n° 1, section 100).

II - CALCULS PRELIMINAIRES RELATIFS AUX CABLES ET AUX CARACTERISTIQUES MECAN- NIQUES DES SECTIONS

II.1 - Ordre de sortie des résultats, groupes de câbles et de sections.

Le premier groupe de câbles comprend :

- si la travée de rive gauche est de mode A, les câbles de la famille 1 situés au dessus de l'"appui" 1 et ceux de la famille 2 situés dans la travée 1.
- si la travée de rive gauche est de mode B ou C, les câbles de la famille 2 situés dans la travée 1, ceux de la famille 1 situés au-dessus de l'appui 2 et ceux de la famille 2 dans la travée 2.

Le groupe de câbles courant comprend :

Les câbles de la famille 1 situés au-dessus de l'appui i et ceux de la famille 2 situés dans la travée i .

Le dernier groupe de câbles comprend :

- si la travée de rive droite est de mode A, les câbles de la famille 1 au-dessus du dernier appui.
- si la travée de rive droite est de mode B ou C, les câbles de la famille 1 au-dessus de l'avant-dernier appui, et ceux de la famille 2 dans la dernière travée.

Si pour un appui donné i $IETU(i) = 0$ (voir pièce 2 page 20), les câbles de la famille 1 correspondants ne figurent pas dans le groupe, il en est de même pour les câbles de la famille 2 si la travée i est non définie (voir pièce 2, codes identités et symétries, pages 15 et 16).

On peut dire schématiquement qu'un groupe de sections est relatif aux sections traversées par les câbles définis dans un groupe de câbles.

Le premier groupe de sections comprend :

- si la travée de rive gauche est de mode A, les sections qui définissent la console gauche de la travée 1 dans le sens de sa construction.
- si la travée de rive gauche est de mode C, d'abord N1 sections à partir de la section 100 (voir la définition de N1 dans la pièce 2, page 13), ensuite les sections définissant la console droite de la travée 1, dans le sens de sa construction, enfin celles qui définissent la console gauche de la travée 2, dans le sens de sa construction.
- si la travée de rive gauche est de mode B, le premier groupe est construit de façon analogue, mais il manque les sections de la console droite travée 1 qui n'existe pas.

Le groupe courant de sections sur appui i définit les consoles à gauche puis à droite de cet appui, dans le sens de leur construction.

Le dernier groupe de sections est construit de façon symétrique par rapport au premier groupe, N2 remplaçant N1 dans les modes B et C.

Un groupe de sections définissant une console courante comprend la section située dans l'axe du système d'appuis définitifs et toutes les sections de définition jusqu'à son extrémité.

Si une console est "non définie", les sections correspondantes ne figurent pas dans le groupe.

Le programme imprime les résultats groupe par groupe, c'est-à-dire premier groupe de câbles, premier groupe de sections, deuxième groupe de câbles, deuxième groupe de sections, etc...

A l'intérieur d'un groupe de câbles, les résultats (pertes de tension par frottement et par rentrée de cône d'ancrage) sortent dans l'ordre suivant :

- câbles par points symétriques,
- câbles par points non symétriques,
- câbles standard symétriques,
- câbles standard non symétriques.

Les numéros de câbles sont ceux affectés par le précompilateur.

Les résultats relatifs aux sections (caractéristiques mécaniques) sont présentés suivant les groupes définis ci-dessus. Il en résulte que les caractéristiques mécaniques de certaines sections peuvent être fournies deux fois.

II.2 - Calculs relatifs aux câbles.

Il s'agit ici de calculer les pertes de tension par frottement, les allongements des câbles, les pertes dues à la rentrée du cône d'ancrage et les caractéristiques mécaniques des sections.

téristiques géométriques des câbles (en chaque section cote des câbles et angle que font ceux-ci avec l'horizontale).

II.2.1 - Pertes de tension par frottement.

Le calcul est fondé sur la formule issue du règlement :

$$T = T_0 \times e^{-F\alpha - \psi l c}$$

(commentaire 3.1 de l'article 12 de l'instruction provisoire n° 1 du 12 Août 1965).

Mais pour l'application de cette formule, il faut distinguer les diverses sortes de tracés de câbles et leur mode de mise en tension.

II.2.1.1 - Pertes de tension par frottement dans les câbles définis par points et symétriques.

- Câble tendu des deux côtés :

La cote z de l'axe du câble est fournie en un certain nombre de points de définition en fonction de leur abscisse x .

Au voisinage de chaque point de définition, le programme assimile le tracé du câble à une portion de parabole dont il peut déterminer l'équation puis la valeur de la dérivée au point de définition choisi. L'arc-tangente de cette valeur est l'angle que fait le tracé du câble avec l'horizontale. Il est possible ensuite de calculer pour chaque couple de points consécutifs n et $n + 1$ la déviation angulaire $\Delta \alpha_n$, valeur absolue de la différence entre les angles aux points n et $n + 1$. Il calcule également la longueur ΔS_n entre 2 points consécutifs en assimilant le tracé du câble à une ligne brisée. En possession de ces résultats intermédiaires il peut calculer les tensions aux différents points de définition du câble, compte tenu des pertes par frottement. Au point d'entrée, la tension du câble est T_0 qui est une donnée fournie pour chaque câble.

La tension T_{n+1} au point $n + 1$ en fonction de la tension T_n au point n est :

$$T_{n+1} = T_n \times e^{-F\Delta\alpha_n - \psi\Delta S_n}$$

Le calcul s'arrête au point milieu, dernier point de définition et également point de déplacement nul.

La machine imprime les valeurs de $(T_0 - T_n)$ seulement pour les points situés sur les sections de vérification et pour le câble complété par symétrie.

- Câble tendu d'un seul côté :

Le point de déplacement nul est l'extrémité du câble par laquelle celui-ci n'est pas tendu (ancrage passif).

Le programme effectue un calcul identique à celui relatif au câble tendu des deux côtés mais en commençant par l'extrémité gauche et en s'arrêtant à l'extrémité droite (du câble complété par symétrie) pour un câble tendu par la gauche ou inversement pour un câble tendu par la droite.

Câble * tendu alternativement avec dominante :

Considérant le câble complété par symétrie, le programme détermine le diagramme des tensions du câble tendu par la gauche, puis celui du câble tendu par la droite. La tension en chaque point du "câble équivalent" s'obtient en faisant une combinaison linéaire des deux diagrammes ci-dessus, compte tenu des nombres de câbles "élémentaires" tendus par la gauche et par la droite.

II.2.1.2 - Pertes de tension par frottement dans les câbles par points non symétriques.

- Câble tendu des deux côtés :

Le programme détermine d'abord le diagramme des tensions du câble qui aurait même tracé et serait tendu par l'extrémité gauche, puis celui du câble qui serait tendu par la droite. L'abscisse du point d'intersection des deux lignes brisées ainsi obtenues est celle du point de déplacement nul. Le diagramme des tensions résultant comprend la partie gauche de celui du câble tendu par la gauche jusqu'au point de déplacement nul et la partie droite du diagramme du câble tendu par la droite à partir de ce point.

- Câble tendu d'un seul côté :

Le processus de détermination est identique à celui décrit pour un câble par points symétrique tendu d'un seul côté.

- Câble tendu alternativement avec dominante :

La méthode est identique à celle employée pour le câble par points symétrique tendu alternativement avec dominante.

II.2.1.3 - Pertes de tension par frottement dans les câbles standard symétriques.

On emploie les mêmes méthodes que celles décrites pour les câbles par points symétriques en tenant compte du mode de mise en tension. Le calcul des pertes se fait uniquement aux points de raccordement de la (ou des) parabole(s) avec les segments de droite et au point milieu (qui est le point de déplacement nul pour un câble tendu des deux côtés).

.../..

* Il s'agit en fait d'un groupe de câbles de même tracé.

Le programme imprime les pertes de tension en ces points et pour la suite des calculs, il est supposé que la tension varie linéairement entre deux points consécutifs.

II.2.1.4 - Pertes de tension par frottement dans les câbles standard non symétriques.

Le programme détermine la tension compte tenu des pertes par frottement aux points de raccordement des paraboles avec les segments de droite et éventuellement au point de déplacement nul en employant les mêmes méthodes que pour les câbles par points non symétriques, compte tenu du mode de mise en tension.

II.2.1.5 - Impression des résultats.

Dans tous les cas, le module imprime les pertes de tension par frottement dans toutes les sections de calcul traversées par chaque câble et repérées par leur numéro.

S'il s'agit d'un câble tendu alternativement avec dominante, les pertes imprimées sont relatives au câble tendu par la gauche (on trouvera les résultats globaux relatifs au câble équivalent lors de la récapitulation des tensions initiales).

II.2.2 - Allongements des câbles.

L'allongement d'un câble se calcule sans difficulté lorsqu'on connaît la position du point de déplacement nul et la tension en fonction de l'abscisse.

Ce calcul fait intervenir une intégrale qui est déterminée au moyen de la méthode des trapèzes car la tension est supposée varier linéairement entre les points où elle a été calculée.

II.2.3 - Pertes de tension dues à la rentrée du cône d'ancrage.

Dans ce paragraphe, un câble standard est assimilé soit à un câble défini par quatre points (point d'entrée, deux points de raccordement de la parabole et des segments de droite, point médian), soit à un câble défini par 6 points (point d'entrée, quatre points de raccordement des paraboles avec les segments de droite, point de sortie).

On y distinguera donc seulement le cas des câbles symétriques et celui des câbles non symétriques, l'ordre de sortie des résultats reste cependant le même que celui défini précédemment.

II.2.3.1 - Rentrée de l'ancrage pour les câbles symétriques.

- Câble tendu des deux côtés :

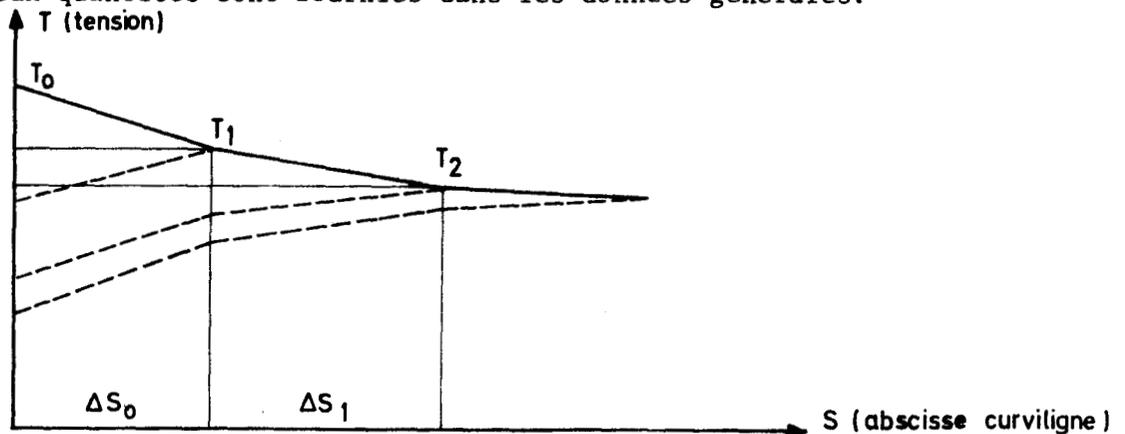
Le diagramme des tensions (compte tenu uniquement des pertes par frottement) en fonction de l'abscisse curviligne S , pour la moitié gauche du câble (la seule

à prendre en compte en raison de la symétrie) est assimilé à une ligne brisée.

Le programme cherche un diagramme symétrique du précédent par rapport à une horizontale et tel que la surface comprise entre les deux soit égale à $E_a \times r_{anc}$

où E_a est le module d'Young de l'acier
et r_{anc} la rentrée de l'ancrage.

Ces deux quantités sont fournies dans les données générales.



- Figure 13 -

Pour cela, le programme calcule successivement les valeurs

$$\Sigma_1 = (T_0 - T_1) \times \Delta S_0$$

$$\Sigma_2 = \Sigma_1 + (T_1 - T_2) \times (\Delta S_1 + 2\Delta S_0)$$

$$\vdots$$

$$\Sigma_k = \Sigma_{k-1} + (T_{k-1} - T_k) \times (\Delta S_{k-1} + 2\Delta S_{k-2} + 2\Delta S_{k-3} + \dots + 2\Delta S_0)$$

et les compare à $E_a \times r_{anc}$

S'il trouve une valeur Σ_n supérieure à $E_a \times r_{anc}$ avant d'arriver au point de déplacement nul, il cherche le point où la perte s'annule. La différence d'abscisse curviligne ΔS avec le point $n - 1$ est solution de l'équation du 2e degré :

$$\Sigma_{n-1} + (T_{n-1} - T_n) \times \frac{\Delta S}{\Delta S_{n-1}} \times (\Delta S + 2\Delta S_{n-2} + 2\Delta S_{n-3} + \dots + 2\Delta S_0) - E_a \times r_{anc} = 0$$

La perte aux différents points est alors :

$$\Delta T_{n-1} = \frac{2\Delta S}{\Delta S_{n-1}} \times (T_{n-1} - T_n)$$

$$\Delta T_{n-2} = \Delta T_{n-1} + 2(T_{n-3} - T_{n-2})$$

⋮

$$\Delta T_k = \Delta T_{k+1} + 2(T_{k-1} - T_k)$$

.../...

Le programme imprime ces pertes (dans le cas de câbles par points, il n'imprime que celles qui correspondent aux sections de vérification) et l'abscisse du point de déplacement nul.

Si la surface Σ_{dn} correspondant au point de déplacement nul, qui est le point milieu, est inférieure à $E_a \times r_{anc}$, on calcule la perte en ce point par la formule :

$$\Delta T_{dn} = \frac{E_a \times r_{anc} - \Sigma_{dn}}{\Delta S_0 + \Delta S_1 + \dots + \Delta S_{dn-1}}$$

La perte de tension en tout point sera :

$$\Delta T_k = 2 (T_k - T_{dn}) + \Delta T_{dn} \quad (1)$$

- Câble tendu d'un seul côté :

Le point de déplacement nul est l'extrémité par laquelle le câble n'est pas tendu.

Le calcul est analogue à celui décrit ci-dessus. On débute par l'extrémité qui est mise en tension en considérant le diagramme du câble complet.

- Câble tendu alternativement avec dominante :

Le programme détermine le diagramme des tensions compte tenu des pertes par rentrée du cône d'ancrage pour le câble qui aurait même tracé et serait tendu par la gauche puis pour le câble de même tracé tendu par la droite. Une combinaison linéaire de ces deux diagrammes compte tenu des nombres de câbles tendus par la gauche et par la droite permet d'obtenir le diagramme définitif.

II.2.3.2 - Rentrée de l'ancrage pour les câbles non symétriques.

- Câble tendu des deux côtés :

Le programme débute le calcul comme précédemment en partant de l'extrémité gauche du câble. S'il trouve une perte non nulle au point de déplacement nul, il imprime le message suivant :

LA PERTE PAR RENTREE DU CONE D'ANCRAGE DANS LES CABLES NON
SYMETRIQUES SE FAIT SENTIR JUSQU'AU POINT DE DEPLACEMENT NUL
LA TENSION CALCULEE EST DONC APPROXIMATIVE.

Il poursuit le calcul approché en appliquant la formule (1) pour calculer les pertes à gauche et à droite du point de déplacement nul. Si au contraire la perte ne se fait pas sentir jusqu'au point de déplacement nul, il recommence le calcul en débutant à l'extrémité droite du câble.

- Câble tendu d'un seul côté :

La méthode employée est la même que pour le câble symétrique tendu d'un seul côté.

- Câble tendu alternativement avec dominante :

Voir câble symétrique tendu alternativement avec dominante.

II.2.4 - Rappel des données concernant les câbles.

Après ces calculs préliminaires, le programme rappelle les données relatives aux câbles : points de définition des câbles par points, points d'entrée et de sortie avec angles correspondants et points de raccordement entre les paraboles et le segment médian pour les câbles standard.

II.2.5 - Caractéristiques géométriques des câbles.

Puis il indique pour les diverses sections de vérification (parmi lesquelles figurent notamment les extrémités de voussoirs) la cote du câble, le sinus et le cosinus de l'angle fait avec l'horizontale, la valeur absolue de la différence des angles entre deux sections consécutives pour les câbles définis par points seulement. (Cette valeur a servi au calcul des pertes par frottement).

II.3 - Calculs relatifs aux caractéristiques mécaniques des sections.

II.3.1 - Caractéristiques relatives aux charges permanentes.

La section pesante est la section brute. La surface résistante s'obtient en retranchant de la section pesante les trous de passage des câbles et éventuellement les encoches nécessitées par la sortie des câbles de précontrainte (prises en compte par le biais de l'encoche équivalente). Le programme calcule les caractéristiques :

- du "voussoir initial" d'une part,
- du "voussoir complet" d'autre part.

Le second se distingue du premier par le fait qu'il comprend éventuellement un hourdis complémentaire (destiné par exemple à lier deux caissons formant un même pont).

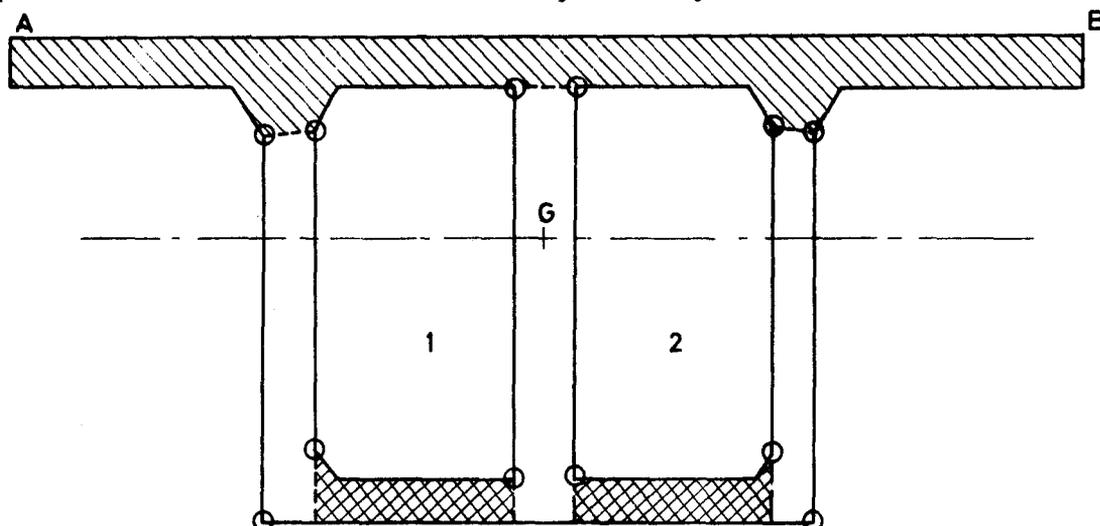
Le programme calcule le moment d'inertie, la cote du centre de gravité (dans le repère de coordonnées qui a servi à la description géométrique de l'ouvrage, voir pièce 2, page 1) et les distances séparant celui-ci des points haut et bas du caisson en considérant la section résistante.

Il calcule ensuite le bras de levier du couple élastique par le quotient :

$$\frac{\text{moment d'inertie}}{\text{moment statique de la portion de section située au-dessus de l'horizontale passant par le centre de gravité}}$$

Pour déterminer l'épaisseur brute des âmes, on recherche d'abord pour le contour extérieur deux couples de points consécutifs dont les cotes encadrent celle du centre de gravité.

On procède ensuite de la même manière pour chaque évidement.



- Figure 14 -

Les évidements sont numérotés consécutivement de gauche à droite et pour chaque polygone le premier point est celui situé "en bas à droite", le sens de numérotation des points de chaque polygone est également imposé. On peut donc associer deux à deux les couples de points déterminés précédemment pour délimiter les âmes.

Considérant deux segments ci-dessus, on abaisse de chaque extrémité du premier segment la perpendiculaire sur la droite support du deuxième segment. Si le pied est sur le segment, la distance est retenue, on recommence l'opération en inversant les deux segments.

On calcule également les distances séparant chaque extrémité d'un segment des extrémités de l'autre segment et inversement.

L'épaisseur brute d'une âme est le minimum de toutes ces valeurs. L'épaisseur brute des âmes, b_0 est la somme des épaisseurs brutes obtenues ainsi.

Pour calculer la somme des épaisseur nettes des âmes, le programme recherche dans les âmes et pour chaque câble le nombre de câbles "voisins" c'est-à-dire dont la différence de cote entre axes (avec le câble considéré) est inférieure à la somme des rayons des deux trous de passage dans le béton. L'épaisseur nette des âmes peut être égale à l'épaisseur brute s'il n'y a pas de câbles dans les âmes. S'il y a plusieurs câbles "isolés", le programme calcule l'épaisseur nette en retranchant de l'épaisseur brute le maximum des produits (poids x diamètre du trou de passage) pris pour tous les câbles figurant dans les âmes. Enfin, si le plus grand groupe de câbles voisins a n câbles, l'épaisseur nette s'obtient en retranchant de l'épaisseur brute la somme des produits (poids x diamètre) étendue aux n câbles.

Il faut également calculer les éléments nécessaires à la réduction d'effort tranchant par effet "RESAL", pour tenir compte de la composante verticale de la compression dans la partie de membrure inférieure qui dépasse les âmes (hachurée doublement sur la figure 14).

Pour ce faire, on considère les droites support des segments qui délimitent les âmes définies précédemment et on recherche les coordonnées des points d'intersection avec le segment joignant les premier et dernier points du contour extérieur. Cela délimite autant de trapèzes qu'il y a d'évidements. Le programme calcule et imprime la surface et la cote du centre de gravité de la "membrure inférieure" ainsi définie.

Il calcule aussi l'angle existant entre la ligne décrite par le centre de gravité de la membrure inférieure et celle décrite par le point dont la cote est la demi-somme de celles des points A et B de la figure 14.

Il calcule et imprime le sinus de la différence des angles existant entre ces deux courbes par une méthode analogue à celle utilisée dans les calculs de pertes par frottement pour les câbles par points.

II.3.2 - Caractéristiques relatives aux surcharges.

Il s'agit de calculer les moments résistants acier et béton et le bras de levier du couple à la rupture. Ces valeurs dépendent du signe du moment fléchissant. Celles qui correspondent à un moment négatif sont affectées du signe moins et imprimées au-dessous de celles correspondant à un moment positif.

Dans ce qui suit, nous détaillons le calcul pour un moment positif (fibre supérieure comprimée). Bien entendu, il a lieu aussi de façon analogue pour un moment négatif.

Le programme calcule d'abord la force de précontrainte à la rupture équivalente à tous les câbles situés au-dessous du centre de gravité par :

$$A = \sum \omega_i \cdot R_{gi}$$

où ω_i est la section d'un câble
et R_{gi} sa contrainte de rupture

Il détermine ensuite la cote moyenne de la fibre supérieure en faisant la demi-somme des cotes des points A et B de la figure 14.

h étant la distance séparant la fibre supérieure moyenne du centre de gravité de l'ensemble des câbles intéressés par la sommation précédente, le moment résistant acier vaut :

$$M_{RA} = 0,9 \cdot h \cdot A$$

Pour calculer le moment résistant béton, il est nécessaire de connaître la largeur totale du hourdis supérieur que l'on obtient en faisant la différence des ordonnées des points A et B (figure 14), ainsi que l'épaisseur de la table de compression, h_0 .

Pour calculer h_0 , on divise la surface hachurée simplement sur la figure 14 par la largeur totale b . On obtient ainsi une épaisseur moyenne qui tient compte des goussets de raccordement.

Le moment résistant béton s'obtient par :

$$\begin{aligned} M_{RB} &= \sigma_{28} \times (0,8 (b-b_0) \cdot h_0 \cdot (h-h_0/2) + 0,35 b_0 h^2) \quad \text{si } h_0 < \frac{4-\sqrt{2}}{3,5} \cdot h \\ \text{ou } M_{RB} &= 0,35 \sigma_{28} \cdot b \cdot h^2 \quad \text{si } h_0 > \frac{4-\sqrt{2}}{3,5} \cdot h \end{aligned}$$

où σ_{28} est la résistance du béton à la compression à 28 jours mesurée au cylindre.

(b_0 est l'épaisseur brute des âmes définie précédemment).

En gardant les notations précédentes, on détermine ensuite une épaisseur d telle que

$$0,8 \sigma_{28} \cdot b \cdot d = A$$

On vérifie que $d < h_0$ et on calcule

$$\xi_1 = h - d/2$$

Toutefois, si les câbles situés dans la table ont une section équivalente inférieure au 2/3 de la section d'acier équivalente aux câbles situés au-dessous du centre de gravité de la section considérée, le bras de levier du couple à la rupture est supposé égal au bras de levier du couple élastique de la section homogène.

Le calcul des caractéristiques mécaniques des sections de la poutre rendue homogène se fait simplement en affectant aux aciers de précontrainte un coefficient d'équivalence égal à PETITN.

Toutes ces caractéristiques y compris moments résistants sont imprimées sous le titre :

CARACTERISTIQUES DES SECTIONS - VOUSOIR RENDU HOMOGENE

II.3.3 - Rappel des données définissant les sections.

Le rappel des coordonnées des sommets du contour extérieur et de chaque évidement se fait après impression des caractéristiques mécaniques définies ci-dessus.

III - ORDRE DE CLAVAGE, CHANGEMENTS D'APPUI, INTERVALLES DE TEMPS ENTRE CLAVAGES ET COEFFICIENTS DE SOUPLASSE DES SYSTEMES D'APPUI

Le programme rappelle ces données sous forme claire après épuisement de tous les groupes de câbles et de sections pour les thèmes du § II.

IV - CALCUL DES TENSIONS INITIALES DES CABLES

En plus des pertes par frottement et rentrée de l'ancrage, il est tenu compte pour le calcul de la tension initiale des câbles des pertes par non simultanément de mise en tension.

Il est supposé que tous les câbles de continuité relatifs à une travée sont mis en tension "au même moment", le programme détermine donc pour ceux-ci une valeur de perte par non simultanément de mise en tension, par travée.

Pour les travées courantes, les tensions initiales des câbles de continuité sont imprimées à la fin des sorties du module FLEAU.

Pour les câbles chapeaux, il y a lieu de considérer schématiquement autant de groupes de câbles que d'extrémités de voussoirs.

Pour un groupe de m câbles mis en tension "au même moment", la perte due à la non simultanément est égale à :

$$\frac{m-1}{2m} \cdot K_1 \cdot E_a \cdot \varepsilon_i$$

ε_i est la déformation élastique instantanée du béton au droit de la section d'appui provisoire de la console considérée et au centre de gravité du groupe de câbles mis en tension.

Si le béton du voussoir sur pile est âgé de j jours au moment de la mise en tension, on a

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta_{nc}}{E_j} \quad \text{avec} \quad E_j = 21000 \sqrt{\sigma_j} \quad (2)$$

σ_j est la résistance du béton à la compression à j jours calculée comme il est dit en V.4 plus loin.

Δ_{nc} la variation de contrainte due à la mise en tension des câbles, au point où l'on calcule ε_i .

K_1 est un coefficient fourni dans les données générales (sa valeur courante est 0,72), il tient compte forfaitairement de la variation de déformation du béton le long du câble.

On admet que la perte par non simultanément est uniforme tout le long du câble.

Le programme imprime donc un tableau donnant la perte par non simultanément pour les câbles se terminant dans une même section.

Puis tenant compte de celle-ci, il calcule et imprime pour chaque section les tensions initiales de tous les câbles qui la traversent, travée par travée pour les câbles de 2e famille et console par console pour les câbles de 1ère famille.

V - LE CALCUL PHASE PAR PHASE LORS DE LA CONSTRUCTION D'UNE CONSOLE

V.1 - Généralités.

Lors de la construction d'une console, chaque étape principale (cycle) comprend les opérations effectuées entre la mise en place d'un voussoir et celle du suivant.

Le cycle correspondant à la mise en oeuvre du voussoir courant n est divisé en trois phases élémentaires :

- PHASE 1 Mise en place ou coulage du voussoir et éventuellement coulage du hourdis complémentaire du voussoir $n - r$
- PHASE 2 Mise en tension des câbles correspondants
- PHASE 3 Avancement du chariot.

A chaque phase la géométrie de la structure permet de calculer les effets (efforts internes et contraintes) des chargements appliqués, dans toutes les sections concernées. Le calendrier de coulage permet de déterminer un état des différentes pertes de précontrainte (relaxation, retrait fluage, il est tenu compte également des pertes instantanées et des pertes par non simultanément). L'état des contraintes résultant est soumis aux vérifications réglementaires. Les déformations sont également calculées et la flèche qui en résulte.

Pour le cycle courant, le programme détermine et édite les effets (efforts tranchants, moments fléchissants, contraintes normales aux points haut et bas et contraintes de cisaillement au niveau des centre de gravité) et états suivants :

(Les efforts tranchants imprimés sont ceux corrigés par "effet RESAL". La correction peut donner lieu à une augmentation des efforts tranchants dus à la précontrainte lorsque celle-ci provoque, en agissant seule, des tractions dans la membrure inférieure).

PHASE 1

- P 1-1 Effets dus au poids propre du voussoir mis en place (pour toutes les sections concernées)
- P 1-2 Effets dus au coulage d'un éventuel hourdis complémentaire
- P 1-3 Etat des pertes de précontrainte :
 - par relaxation (pour chaque câble concerné)
 - par retrait (pour chaque section concernée)
 - par fluage (pour chaque section concernée)
- P 1-4 Effets des pertes de précontrainte

- P 1-5 Etat des contraintes et déformations et vérification réglementaires (pour toutes les sections à considérer : les contraintes normales et de cisaillement réelles et admissibles, la surface d'étriers nécessaire et le résultat des vérifications, les déformations aux points haut et bas et la flèche qui en résulte).

PHASE 2

- P 2-1 Effets dus à la précontrainte.
- P 2-2 Nouveaux effets dus au poids propre du voussoir (la mise en tension des câbles provoque son décintrement)
- P 2-3 Etat des pertes de précontrainte (relaxation, retrait, fluage et non simultanément)
- P 2-4 Effets des pertes de précontrainte
- P 2-5 Etat des contraintes et déformations et vérifications réglementaires (voir P 1-5).

PHASE 3

- P 3-1 Variations des effets dues à l'avancement du chariot
- P 3-2 Etat des pertes de précontrainte (voir P 1-3)
- P 3-3 Effets des pertes de précontrainte
- P 3-4 Etat des contraintes et déformations et vérifications réglementaires (voir P 1-5).

Le voussoir qualifié de n° 1 (voussoir sur pile) est généralement coulé sur cintre, en conséquence, on ne détaille pas les phases de sa mise en place ; on calcule simplement les effets du poids propre, de la précontrainte et on détermine l'état des contraintes résultant.

Il est supposé de plus que le poids propre du voussoir n° 2 (1er voussoir courant) n'intervient que lors de la mise en tension des câbles qui s'y arrêtent. Cependant, on considère sa mise en place comme une phase pour déterminer les pertes de précontrainte dans les câbles s'arrêtant au joint situé entre les voussoirs 1 et 2.

Concernant le dernier voussoir courant, la phase 3 ne consiste plus en l'avancement du chariot mais en son remplacement par un échafaudage suspendu servant au coulage du voussoir de clé, dans la travée courante. Dans la travée de rive de mode C il y a simplement enlèvement du chariot.

Sous le titre :

VARIATIONS DES EFFETS DUS AU APPAREILLAGES MOBILES

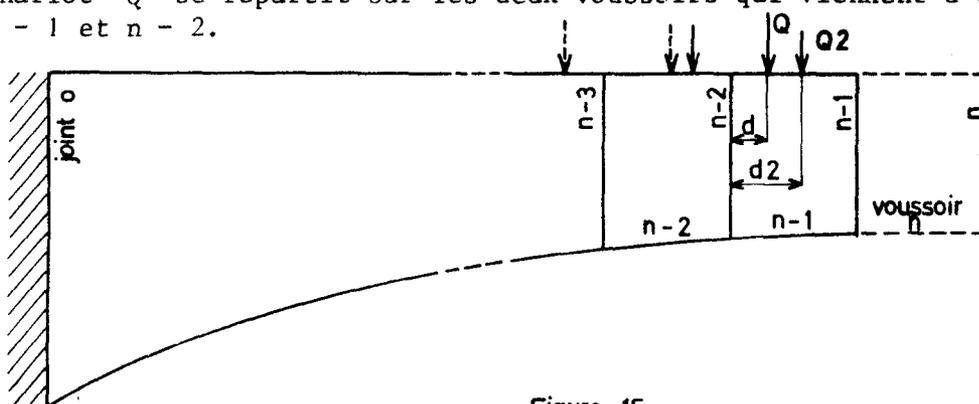
le programme édite un tableau qui cumule les effets de la suppression du chariot et ceux de son remplacement par un demi-échafaudage suspendu.

La construction s'achève par le coulage du reste de hourdis complémentaire (s'il existe) en autant d'étapes qu'il y a de cycles de retard ; c'est la phase 4 pour le dernier voussoir courant. Les résultats fournis sont analogues à ceux de la phase 1. Pour l'étape ultime (coulage du hourdis complémentaire sur le dernier voussoir courant), seuls sont calculés et imprimés les effets P 1-2.

V.2 - Calcul des efforts dus au chariot de construction et au poids propre.

V.2.1 - Efforts dus au chariot.

Lors de la construction du voussoir n il est supposé que le poids total du chariot Q se répartit sur les deux voussoirs qui viennent d'être achevés n - 1 et n - 2.



- Figure 15 -

Les quatre valeurs Q, Q2, d (PETID) et d2 (PETID2) de la figure 15 sont définies dans la pièce 2 pages 12 et 13.

Quand le chariot passe de la position nécessaire à la construction du voussoir n - 1 à celle occupée pour mettre en place le voussoir n, les variations d'efforts dues au poids du chariot au niveau des différents joints i sont :

	Moment fléchissant	Effort tranchant
$i < n-3$	$-Q l_v$	0
$i = n-3$	$-Qd - Ql_v + Q2.d2$	$Q - Q2$
$i = n-2$	$-Q2.d2$	$Q2$

(l_v est la longueur du voussoir courant)

Lorsque l'on construit le voussoir n° 2, le poids du chariot est reporté sur le berceau d'appui, on n'en tient donc pas compte.

Par contre, lorsqu'on avance le chariot pour couler le voussoir n° 3, on prend en compte les premiers effets suivants sur les joints 0 et 1 :

	Moment fléchissant	Effort tranchant
0	$-Q (d + l_{v1})$	Q
1	$-Q2 d2$	Q2

(l_{v1} est la longueur du voussoir n°1)

..../..

V.2.2 - Efforts dus au poids propre du voussoir.

Lorsqu'on met en place le voussoir n , son poids agit sur les joints de rang inférieur à $n - 2$ comme si le chariot n'existait pas et on peut calculer les efforts en ceux-ci par intégrations numériques.

Si x_i est l'abscisse par rapport au joint 0 du point où l'on cherche l'effort

$Sp(\xi)$ la section pesante du béton à l'abscisse ξ

et mv la masse volumique du béton,

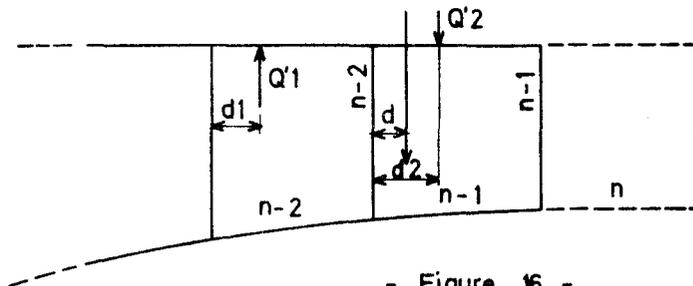
les efforts dus au poids propre du voussoir sur les joints de rang i inférieur à $n - 2$ sont :

$$M_i = mv \int_{x_{n-1}}^{x_n} Sp(\xi) \cdot (x_i - \xi) d\xi$$

$$T_i = mv \int_{x_{n-1}}^{x_n} Sp(\xi) d\xi$$

Entre deux joints consécutifs, la section pesante est supposée varier linéairement.

Pour le joint $n - 2$, les efforts dus au poids du voussoir, $Q'1$ et $Q'2$ s'appliquent au droit des deux points de contact du chariot avec la console.



- Figure 16 -

Les équations d'équilibre statique nous donnent :

$$d1 = l_v - \frac{Q2 d2 - Q \cdot d}{Q - Q2} \quad (\text{avec les notations précédentes})$$

$$Q'2 = mv l_v \cdot \frac{8 S_n l_v + 7 S_{n-1} l_v - 3 d1 (S_n + S_{n-1})}{6 (d2 + l_v - d1)}$$

Lors de la mise en tension des câbles arrêtés au joint n , le voussoir n se décintre (il n'est plus alors porté par le chariot), ceci donne lieu à des variations d'effets sur les joints $n - 2$ et $n - 1$ que l'on calcule séparément à l'aide des deux intégrales précédentes.

V.2.3 - Efforts dus au coulage d'un éventuel hourdis complémentaire.

Le hourdis complémentaire est coulé avec un certain nombre de cycle(s) de retard (un cycle comprend l'avancement du chariot, la mise en place d'un voussoir et la mise en tension des câbles correspondants). On calcule les effets dus au poids propre du hourdis complémentaire du voussoir n - r en même temps que ceux dus au poids propre du voussoir n avec les deux intégrales précédentes.

Lorsque le hourdis est coulé, les caractéristiques mécaniques prises en compte pour le calcul des contraintes sont celles du "voussoir complet" (voir II.3.1).

V.3 - Calcul des pertes dans les câbles aux différents instants.

A chaque phase de construction, tous les câbles qui étaient déjà tendus subissent des pertes de tension :

- par non simultanéité de mise en tension,
- par relaxation de l'acier,
- par retrait du béton,
- par fluage du béton.

V.3.1 - Pertes par non simultanéité des mises en tension dans un groupe de câbles lors de la mise en tension d'un deuxième groupe.

Le groupe de câbles qui subit la perte de tension par non simultanéité est injecté lors de la mise en tension du deuxième groupe, en conséquence cette perte ne se répartit pas uniformément le long des câbles, elle varie d'une section à l'autre.

En une section donnée, le programme calcule :

- la variation de contrainte Δ'_{nc} due à la mise en tension du 2e groupe de câbles et à la variation des efforts de poids propre correspondant à "l'avancement du fléau".
- les modules d'élasticité instantanés E_{jg} et E_{jd} des bétons situés respectivement à gauche et à droite du joint par la formule (2) page (ces bétons sont d'âges différents).
- la perte par non simultanéité correspondante :

$$P_{ns} = \frac{1}{2} \cdot E_a \cdot \Delta'_{nc} \cdot \left(\frac{1}{E_{jg}} + \frac{1}{E_{jd}} \right)$$

V.3.2 - Pertes par relaxation de l'acier.

La perte par relaxation est supposée uniforme et égale à celle qui se produit au point de déplacement nul (point où elle est maximale).

La donnée $REL_{0,8 \infty}$ fournit la perte de tension par relaxation finale lorsque la tension initiale du câble vaut $0,8 RG$; RG est la contrainte de rupture garantie du câble étudié (voir pièce 2, pages 9 et 10).

Si la tension initiale est différente de $0,8 RG$, il faut multiplier la perte par le coefficient

$$4 \left(\frac{\sigma_i}{RG} - 0,55 \right)$$

σ_i étant la contrainte initiale au point de déplacement nul du câble étudié.

La perte de tension par relaxation à différents instants est calculée à l'aide de la fonction $V(h) = (h/100000)^\gamma$, conformément à la circulaire du 23 Avril 1974.

γ est une donnée commune à tous les câbles (voir GG, pièce 2 page 10).

Entre deux phases de construction consécutives, le programme calcule et imprime les pertes par relaxation.

V.3.3 - Pertes de tension par retrait du béton.

D'après l'annexe II à l'instruction provisoire n° 1 du 12 Août 1965, la déformation par retrait au temps t est :

$$\rho(t) = \rho_{\infty} V(t-j)$$

le coulage ayant eu lieu au temps j .

La fonction V est donnée dans ladite annexe II ; sa tabulation est reproduite ci-dessous.

t jours	1	3	7	14	28	90	180	365	730	1825
V(t)	0,02	0,07	0,12	0,19	0,27	0,44	0,56	0,70	0,80	0,88

Dans le calcul phase par phase, le programme calcule et imprime pour chaque voussoir la déformation subie entre deux phases consécutives, c'est-à-dire :

$$\rho_{\infty} (V(t_n - j) - V(t_{n-1} - j))$$

les deux phases ayant eu lieu aux temps t_{n-1} et t_n .

Pour calculer la perte de tension en une section extrémité d'un voussoir, le programme calcule la moyenne des déformations des voussoirs situés de part et d'autre de cette section et multiplie ensuite cette valeur par le module d'Young de l'acier.

V.3.4 - Pertes de tension par fluage du béton.

La méthode habituelle de calcul des pertes de tension par fluage (à partir de la contrainte à vide finale) ne s'applique pas bien à ce problème car il faudrait avoir terminé le calcul de la poutre continue pour obtenir la perte par fluage aux différentes phases de la construction.

On utilise dans ce programme une méthode plus élaborée. Le principe du calcul consiste à chercher les déformations de fluage (appelées ϵ_f) au cours du temps d'après la méthode exprimée dans l'annexe II de l'instruction provisoire n° 1 du 12 Août 1965.

Considérons une section de béton coulée à l'instant τ . En un point de cette section, on applique une première charge au temps t_1 (par exemple mise en précontrainte et effet du poids propre du voussoir) donnant lieu en ce point à une contrainte de compression σ_1 .

La déformation de fluage au temps t postérieur à t_1 est :

$$\epsilon_{1f}(t) = \frac{\sigma_1}{E_{t_1-\tau}} \cdot \Phi \cdot \zeta(t_1-\tau) \cdot V(t-t_1)$$

Φ est le coefficient de fluage tel qu'il est défini dans l'annexe II de l'instruction provisoire n° 1 du 12 Août 1965 (valeur courante : 2)

$E_{t_1-\tau}$ est le module d'Young du béton au moment de l'application de la charge.

$\zeta(t_1-\tau)$ est un coefficient dépendant de l'âge du béton au moment de l'application de la charge et dont le tableau ci-dessous fournit quelques valeurs (annexe II déjà citée).

$(t_1-\tau)$ jours	1	3	7	28	90	365
ζ	1,72	1,56	1,38	0,96	0,70	0,45

V est la même fonction que celle utilisée pour le calcul des déformations par retrait (voir V.3.3).

Au moment t_2 où l'on applique une deuxième charge (due par exemple à l'avancement du chariot pour couler le voussoir suivant), le béton a déjà subi des déformations de fluage. Il en résulte pour les câbles intéressés des pertes de tension par fluage auxquelles on doit ajouter les pertes dues au retrait du béton et à la relaxation de l'acier.

La charge appliquée et les effets de ces pertes donnent lieu à une variation de contrainte $\Delta\sigma_1$. La déformation de fluage qui s'ajoute à la première vaut pour $t > t_2$.

$$\epsilon_{2f}(t) = \frac{\Delta\sigma_1}{E_{t_2-\tau}} \cdot \Phi \cdot \zeta(t_2-\tau) \cdot V(t-t_2)$$

../..

La variation de déformation par fluage entre t_2 et t_3 est donc

$$\epsilon_{1f}(t_3) + \epsilon_{2f}(t_3) - \epsilon_{1f}(t_2)$$

D'une façon générale entre l'instant t_n auquel est appliquée une variation de contrainte due en partie aux pertes de tension et l'instant t_{n+1} , la déformation de fluage varie de :

$$\sum_{j=1}^n \epsilon_{jf}(t_{n+1}) - \sum_{j=1}^{n-1} \epsilon_{jf}(t_n)$$

avec
$$\epsilon_{jf}(t) = \frac{\Delta \sigma_{j-1}}{E_{t_j - \tau}} \cdot \Phi \cdot \zeta(t_j - \tau) \cdot V(t - t_j)$$

Pour obtenir les pertes de tension par fluage, le programme détermine les déformations au barycentre des câbles présents dans chaque section et concernés par le calcul. En réalité, il y a lieu de faire le calcul immédiatement à gauche et à droite de chaque section concernée (les bétons de deux voussoirs différents n'ont pas le même âge).

La moyenne des deux valeurs trouvées multipliée par E_a donne la perte de tension par fluage.

V.4 - Les vérifications des contraintes en cours d'exécution.

Connaissant la résistance nominale du béton à la compression à 28 jours, σ_{28} on calcule la résistance à la traction à 28 jours :

$$\sigma'_{28} = 7 + 0,06 \sigma_{28} \quad (\sigma'_{28} \text{ et } \sigma_{28} \text{ étant exprimées en bars})$$

On obtient les résistance (à la traction et à la compression) à j jours pour $j < 28$ en multipliant respectivement σ'_{28} et σ_{28} par un coefficient qui dépend du type de ciment utilisé, tabulé ci-dessous (courbes du Comité Européen du Béton) :

$$\left. \begin{aligned} \sigma_j &= \text{SIGJ} \cdot \sigma_{28} \\ \sigma'_j &= \text{SIGJ} \cdot \sigma'_{28} \end{aligned} \right\} \text{ pour } j < 28 \text{ jours}$$

j (jours)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SIGJ C.P.A.	0,18	0,30	0,40	0,48	0,55	0,605	0,65	0,69	0,72	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83
SIGJ H.R.I.	0,30	0,44	0,55	0,62	0,67	0,72	0,75	0,78	0,80	0,825	0,84	0,855	0,87	0,885

j (jours)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
SIGJ C.P.A.	0,85	0,87	0,885	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,0
SIGJ H.R.I.	0,90	0,907	0,913	0,92	0,93	0,94	0,948	0,955	0,963	0,97	0,978	0,985	0,993	1,0

$$\left. \begin{aligned} \sigma_j &= \sigma_{28} \\ \sigma'_j &= \sigma'_{28} \end{aligned} \right\} \text{ pour } j \geq 28 \text{ jours}$$

Les contraintes admissibles en compression et en traction en cours de construction, pour un béton âgé de j jours sont respectivement :

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_b &= 0,55 \sigma_j \text{ (compression)} \\ \bar{\sigma}'_b &= 0,55 \sigma'_j \text{ (traction)} \end{aligned}$$

le programme vérifie d'abord si les contraintes normales aux points haut et bas restent comprises entre 0 et $\bar{\sigma}_b$

Il détermine la contrainte admissible au cisaillement par :

$$\bar{\tau}_b = \sqrt{\frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_b} \cdot (\bar{\sigma}_b - \sigma_G)(\bar{\sigma}'_b + \sigma_G)}$$

(σ_b est la contrainte normale au niveau du centre de gravité)

et vérifie si la contrainte de cisaillement réelle t_b est en valeur absolue inférieure à $\bar{\tau}_b$.

Si toutes les contraintes sont satisfaisantes, le programme imprime OUI dans la colonne réservée à cet effet. Si l'une d'entre elles au moins est non satisfaisante, il imprime NON.

La surface d'étriers nécessaires par unité de longueur est calculée par :

$$s = \frac{\mathcal{E}}{\zeta \bar{\sigma}_a \cotg \beta}$$

Dans cette formule

\mathcal{E} est l'effort tranchant réduit

ζ est le bras de levier du couple élastique (voir II.3.1)

$\bar{\sigma}_a$ la contrainte admissible dans les étriers soit 2/3 de leur limite élastique

$$\cotg \beta = \frac{\sigma_G}{2|t_b|} + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_G}{2t_b}\right)^2}$$

V.5 - Le calcul des flèches.

Il s'agit ici d'un calcul complet tenant compte du fluage (mais pas de la rotation de la section située au droit de l'appui provisoire) et permettant de

déterminer la contreflèche à adopter.

La flèche est fournie en millimètres, elle est comptée positivement "vers le bas".

On calcule d'abord les déformations aux points haut et bas de chaque section par la même méthode que celle utilisée pour déterminer les pertes par fluage. La console est supposée parfaitement encastrée sur appui.

La flèche w au point d'abscisse x est :

$$w(x) = \int_0^x (\epsilon_b - \epsilon_h) \frac{\xi d\xi}{h}$$

ϵ_b est la déformation au point bas compte tenu de l'élasticité, du fluage et du retrait du béton,

ϵ_h est la déformation au point haut,

h est la différence de cotes entre les points haut et bas,

ξ est l'abscisse du point courant.

La fonction à intégrer est discontinue au droit des limites des voussoirs (à cause de la présence de ϵ_b et ϵ_h). L'intégrale est calculée numériquement en tenant compte des valeurs de ϵ_b et ϵ_h à gauche et à droite de chaque section.

CHAPITRE V : MODULE CONTINUITE

Dans ce chapitre, le terme "programme" désigne le module CONTINUITE.

Ce module étudie les opérations de mise en continuité de l'ouvrage (clavages changements d'appuis...) puis effectue les vérifications réglementaires en service sous surcharge A (ℓ) et gradients thermiques.

I - PRELIMINAIRE - CALCULS DE STRUCTURES

Nous exposons ici la méthode employée pour résoudre les différentes structures hyperstatiques. La mise en équations est explicitée dans l'annexe I à la pièce 5. L'examen de cette annexe est utile pour entreprendre éventuellement des calculs complémentaires et pour faire des comparaisons avec d'autres programmes de calcul.

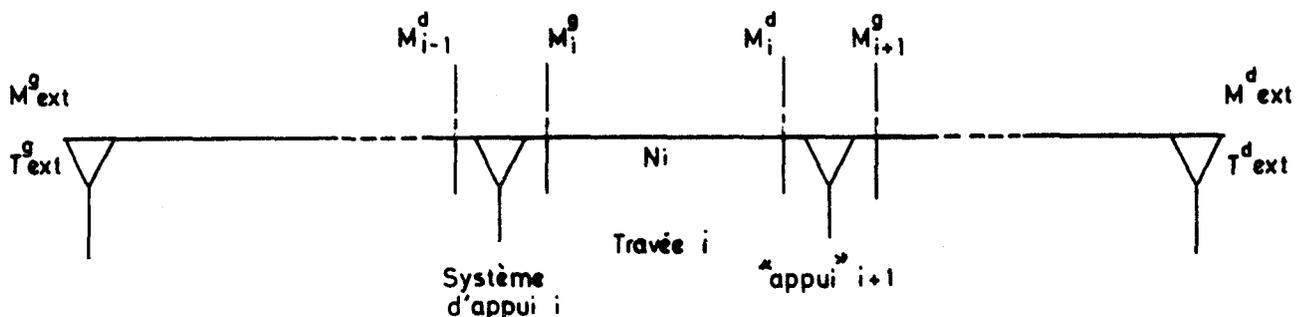


Figure 17

Pour chaque travée, les inconnues hyperstatiques sont :

- . le moment hyperstatique de gauche M_i^g
- . le moment hyperstatique de droite M_i^d
- . l'effort normal N_i

Pour chaque structure hyperstatique rencontrée au cours de la mise en continuité (travée isolée puis 2, 3 travées etc...), le programme calcule une matrice de flexibilité.

Cette dernière est imprimée à chaque évolution sous le titre :

MATRICE DU SYSTEME (RESULTATS INTERMEDIARES)

De cette matrice, seuls sont listés par blocs de 3 lignes les termes non nuls du triangle supérieur (ces résultats peuvent être utiles au gestionnaire du système, voir annexe I).

Pour un cas de charge donné (mise en tension d'un groupe de câbles ou suppression d'un échafaudage suspendu par exemple), le programme calcule les quantités suivantes :

- . rotations d'extrémités de la poutre isostatique associée,
- . efforts tranchants isostatiques aux extrémités de la travée isostatique associée,
- . allongement de la travée sous l'effet de l'effort normal isostatique,
- . efforts extérieurs appliqués aux extrémités gauche et droite de la structure considérée s'il y a lieu.

(M_{ext}^g , T_{ext}^g , M_{ext}^d et T_{ext}^d de la figure 17)

A partir de la matrice de souplesse de la structure et d'un vecteur "second membre" construit avec les quantités décrites ci-dessus, un calcul matriciel permet de déterminer les inconnues hyperstatiques.

Dans ce qui suit, on désigne cette résolution par le terme "application de la méthode des forces".

Dans le module CONTINUITE, l'élasticité du béton intervient par son module d'Young lent (correspondance avec les coefficients de souplesse soutenus des systèmes d'appuis).

II - OPERATIONS DE MISE EN CONTINUITE

Le programme imprime d'abord l'intitulé de l'ouvrage étudié et les dates de traitement par les modules CONTINUITE, FLEAU et SURCHARGES. Il rappelle ensuite les données de clavage et les coefficients de souplesse des appuis. Ceux-ci sont imprimés pour chaque appui dans l'ordre :

- . souplesse provisoire soutenue,
- . souplesse définitive soutenue.

Seul est listé le triangle supérieur de chaque matrice de souplesse des appuis.

Le programme rappelle également les numéros et abscisses des sections de vérification.

Il calcule les coefficients de souplesse des travées notés a_i , b_i , et c_i dans le cours de M. COURBON et la souplesse d_i à l'effort normal.

II.1 - Récapitulation des résultats du module FLEAU.

Le programme imprime deux tableaux d'efforts et de contraintes :

- sous le titre :

EFFETS DUS AUX CHARGES PERMANENTES APRES LE CALCUL DES CONSOLES (MODULE FLEAU)

figure l'effet du poids propre des consoles lors de la construction des fléaux (l'effet du poids propre des voussoirs de clé n'est pas cumulé).

- Le deuxième tableau représente les effets des efforts de précontrainte et de poids propre (tableau précédent plus précontrainte).

Il figure sous le titre :

ETAT A VIDE APRES LE CALCUL DES CONSOLES (MODULE FLEAU)

II.2 - Clavage d'une travée.

Après chaque clavage, on obtient une poutre continue dont le programme détermine le nombre de travées. Il construit ensuite la matrice de souplesse de la structure considérée.

II.2.1 - Poids propre du béton coulé sur cintre.

Si la travée clavée est une travée de rive, le programme calcule d'abord les effets dus au poids propre du béton coulé sur cintre s'il y a lieu (modes B et C).

Il s'agit de calculer une poutre continue dont une travée est partiellement (mode C) ou totalement (mode B) chargée. La charge linéaire est d'intensité variable (la section de la poutre est variable).

La méthode des forces permet de calculer les efforts hyperstatiques à partir des efforts dans la poutre isostatique associée. Dans le cas où la travée de rive est de mode B, la console adjacente est construite après coulage sur cintre de la travée de rive. Dans ce cas, le programme calcule d'abord les effets du poids propre de la travée de rive (séquence de traitement analogue à celle correspondant au mode C), puis ceux du poids propre de la console adjacente à cette travée. Ces derniers effets sont imprimés sous le titre :

EFFETS DE LA CONSTRUCTION DE LA CONSOLE ADJACENTE SUR LA TRAVEE XX

II.2.2 - Poids propre du voussoir de clé, suppression de l'échafaudage suspendu.

Cette étude est faite pour les travées de rive de mode A et pour les travées intermédiaires.

Le programme étudie d'abord les effets de la pose de l'échafaudage de clavage et du voussoir de clé sur les travées adjacentes déjà clavées s'il y a lieu.

S'il existe au moins une travée clavée adjacente à la travée à claver, l'échafaudage de clavage est mis en place dans un schéma de structure hyperstatique.

Ceci revient à étudier les effets du cas de charge suivant sur les travées adjacentes à gauche puis à droite de la travée en cours de clavage :

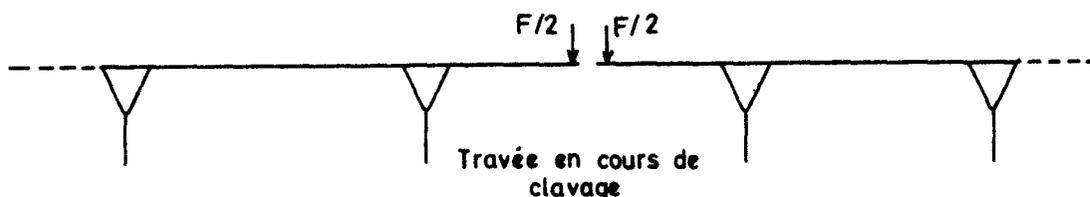


Figure 18

F : poids du voussoir de clé + poids de l'échafaudage suspendu.

Les effets de ce chargement sur la travée en cours de clavage sont étudiés dans le module FLEAU.

Le programme édite ensuite un tableau d'efforts et de contraintes représentant les effets de la suppression de l'échafaudage suspendu et du poids propre du voussoir de clé, dans la structure clavée. Le cas de charge à étudier est le suivant :

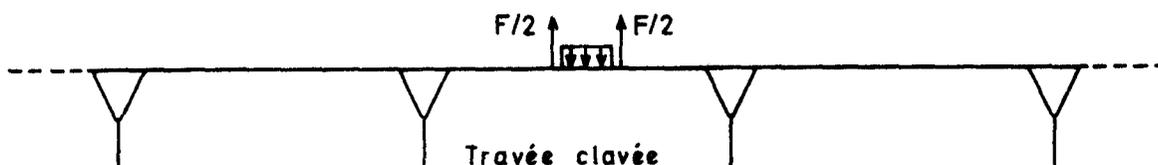


Figure 19

II.2.3 - Efforts hyperstatiques dus aux pertes des câbles des deux familles entre les différents clavages.

A chaque clavage, le programme calcule les moments hyperstatiques dus aux pertes de tension dans les câbles, qui ont eu lieu entre ce clavage et le précédent, dans les travées déjà clavées.

A chaque étape, les pertes s'effectuent dans un schéma de structure différent (travée isolée, deux travées etc...).

Les efforts hyperstatiques ainsi calculés et leurs effets sont cumulés seulement au moment de l'étude des pertes complémentaires (voir § III.7), c'est-à-dire que dans les tableaux de contraintes imprimés à chaque clavage, il n'en est pas tenu compte.

Méthode de calcul :

- Efforts hyperstatiques dûs aux câbles de continuité :

On calcule pour la travée i supposée indépendante les quantités ω_i, ω''_i

T_i^g, T_i^d et ξ_i (rotations d'extrémité, efforts tranchants isostatiques, allongements de la travée) dues à la mise en tension des câbles de deuxième famille. Puis on détermine l'effort normal de précontrainte N_i correspondant, dans une section de référence "voisine" du milieu de la travée (dans l'exemple type traité dans la pièce 4, les sections de référence seraient celles numérotées 103, 214 et 314).

Le calcul des pertes (retrait + fluage + relaxation) dans la section de référence permet celui d'une variation d'effort normal ΔN_i .

On en déduit :

$$\Delta \omega_i = \omega_i \frac{\Delta N_i}{N_i}$$

$$\Delta \omega''_i = \omega''_i \frac{\Delta N_i}{N_i}$$

$$\Delta T_i^g = T_i^g \frac{\Delta N_i}{N_i}$$

$$\Delta T_i^d = T_i^d \frac{\Delta N_i}{N_i}$$

$$\Delta \xi_i = \xi_i \frac{\Delta N_i}{N_i}$$

Ce qui conduit par la méthode des forces à la détermination des efforts hyperstatiques.

- Efforts hyperstatiques dûs aux câbles chapeaux de fléau :

Le programme procède de façon analogue en prenant comme sections de référence les sections sur appuis de chaque travée (plus exactement la section de droite du système d'appui de gauche et réciproquement).

On a donc déterminé :

$$\omega_{ig}, \omega''_{ig}, T_{ig}^g, T_{ig}^d, \xi_{ig} \text{ et}$$

$$\omega_{id}, \omega''_{id}, T_{id}^g, T_{id}^d, \xi_{id}$$

Les calculs des pertes dans les sections de référence donne les valeurs de ΔN_{ig} et ΔN_{id} , on obtient alors :

$$\Delta \omega_i = \omega'_{ig} \cdot \frac{\Delta N_{ig}}{N_{ig}} + \omega'_{id} \cdot \frac{\Delta N_{id}}{N_{id}}$$

$$\Delta \omega''_i = \omega''_{ig} \cdot \frac{\Delta N_{ig}}{N_{ig}} + \omega''_{id} \cdot \frac{\Delta N_{id}}{N_{id}}$$

$$\Delta T_i^g = T_{ig}^g \cdot \frac{\Delta N_{ig}}{N_{ig}} + T_{id}^g \cdot \frac{\Delta N_{id}}{N_{id}}$$

$$\Delta T_i^d = T_{ig}^d \cdot \frac{\Delta N_{ig}}{N_{ig}} + T_{id}^d \cdot \frac{\Delta N_{id}}{N_{id}}$$

$$\Delta \epsilon_i = \epsilon_{ig} \cdot \frac{\Delta N_{ig}}{N_{ig}} + \epsilon_{id} \cdot \frac{\Delta N_{id}}{N_{id}}$$

Les efforts hyperstatiques correspondants sont calculés par la méthode des forces.

II.2.4 - Efforts hyperstatiques dûs au retrait effectué entre les différents clavages.

Le tablier étant élastiquement encastré sur les systèmes d'appuis, le retrait provoque des efforts hyperstatiques dans la structure. Les portions de poutre entre deux limites de voussoirs sont d'âges différents. On calcule le raccourcissement de la travée i soit ϵ_i à partir du retrait final ROINF et de la fonction $V(t)$ entre un temps t_1 et un temps t_0 :

$$\epsilon_i^{t_1-t_0} = \frac{ROINF}{L} \sum_{\text{tronçons}} l_j (V(t_1) - V(t_0))$$

L étant la longueur de la travée

et l_j la longueur du tronçon j .

En appliquant la méthode des forces, on obtient les efforts hyperstatiques correspondants.

Les effets dûs au retrait sont cumulés au moment de l'application du retrait complémentaire (voir § III.7).

II.2.5 - Mise en tension des câbles de continuité (dits câbles de 2ème famille

Comme pour les autres cas de charge, le programme calcule d'abord les efforts isostatiques ; puis les rotations isostatiques et l'allongement de la travée nécessaires à la résolution des inconnues hyperstatiques sont calculées par intégrations numériques.

Le détail du calcul n'est pas fourni. Seuls sont imprimés les efforts et contraintes dus à la mise en tension des câbles, compte tenu des efforts hyperstatiques de précontrainte.

Pour tenir compte de la diffusion de la précontrainte, on suppose que :

- du point de vue effort tranchant, un câble est pris en compte dans toutes les sections de calcul traversées.
- pour l'effort normal et le moment fléchissant il est fait abstraction des première et dernière sections de calcul traversées. Cependant, un câble qui prend naissance sur culée dans une travée de rive de mode B ou C est pris en compte dans la section sur culée.

N.B. - Ceci est une option par défaut; on peut si on le désire prendre en compte tous les câbles de continuité dans leur intégralité en le spécifiant au programme.

Il apparait alors sur la première page de la note de calcul le message suivant :

OPTION : LES CABLES DE CONTINUITÉ SONT PRIS EN COMPTE DANS LES PREMIÈRES ET DERNIÈRES SECTIONS TRAVERSEES.

II.2.6 - Pertes de tension dans les câbles de première famille de la travée clavée.

Entre le coulage du voussoir de clé ou de la partie sur cintre et la mise en tension des câbles correspondants, il s'écoule un certain temps et par conséquent les câbles de la famille 1 subissent certaines pertes de tension.

Le programme reprend pour cette étape le calcul des pertes tel qu'il est mené dans l'étude des consoles (module FLEAU). Les résultats sont imprimés sous le titre :

PERTES DES CABLES CHAPEAUX DE FLEAU ENTRE LE COULAGE DU BETON DE CLE ET LA MISE EN TENSION.

II.2.7 - Changements d'appuis.

Après clavage d'une travée, on peut procéder à un certain nombre de changements d'appuis. On examine ici les opérations et calculs correspondant à un changement d'appuis. Le programme effectue ceux-ci autant de fois qu'il y a de changements d'appuis après le clavage considéré.

L'ordre des changements d'appuis a bien évidemment une importance car la structure évolue lors de ces diverses opérations.

Le programme imprime en premier les caractéristiques des "nouvelles" sections de vérification à l'effort tranchant avec leurs numéros générés (obtenus en ajoutant simplement 2 à l'ancien numéro) - (voir pièce 2 page 19 les définitions de DVERIFT et DVERI). Ensuite, il calcule et imprime les efforts et contraintes dans les sections entre appuis provisoires avant changements d'appuis.

Ces efforts sont obtenus par interpolation linéaire à partir des efforts dans les sections d'appuis provisoires.

Prenons l'exemple d'un appui n° 2 :

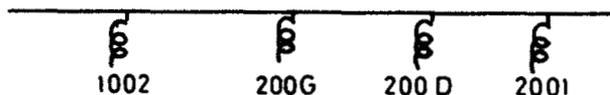


Figure 20

Les sections 1002 et 2001 sont celles d'appuis provisoires et les sections 200G et 200D sont celles d'appuis définitifs.

On interpole les efforts autres que la précontrainte isostatique de la façon suivante :

- effort normal : dans la portion de tablier située entre les appuis provisoires, l'effort normal est égal à la demi-somme des efforts normaux sur appuis provisoires.
- moment fléchissant : il varie linéairement entre les appuis provisoires.
- effort tranchant : il varie conformément à la figure 21.

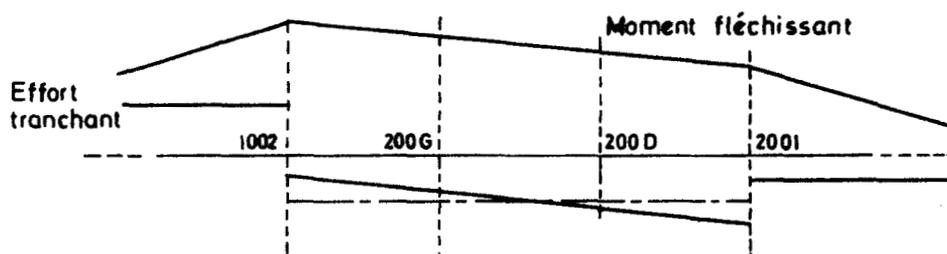


Figure 21

Entre les appuis provisoires, l'effort tranchant représenté en trait d'axe est la dérivée du moment fléchissant. Il faut le corriger par le poids de la portion de tablier comprise entre appuis provisoires, d'où la courbe d'effort tranchant de la figure 21.

Les discontinuités sont alors les réactions d'appuis provisoires. Bien entendu, il s'agit de l'effort tranchant non réduit par effet RESAL.

Le programme imprime un tableau des nouvelles sections de vérification, puis les nouveaux coefficients de souplesse des travées. Les coefficients de souplesse de l'appui sont alors ceux définitifs soutenus.

Il poursuit le calcul en construisant la matrice de souplesse de la nouvelle structure.

L'effet du changement d'appuis s'obtient en appliquant sur la nouvelle structure les réactions d'appuis provisoires calculées précédemment.

La méthode des forces permet de résoudre les inconnues hyperstatiques.

II.2.8 - Etat des contraintes.

Sous ce titre, le programme imprime les contraintes dans les sections concernées par le clavage effectué.

Il vérifie que ces contraintes satisfont aux prescriptions réglementaires définies dans le chapitre IV (module FLEAU) paragraphe V.4

Cet état de contraintes n'est entièrement valable que pour la travée clavée ; en effet, pour les autres travées, les efforts hyperstatiques dus aux pertes de tension dans les câbles (voir II.2.3) n'ont pas encore été cumulés.

III - CALCUL DE LA POUTRE RENDUE CONTINUE

Lorsque tous les clavages et tous les changements d'appuis sont effectués, l'ouvrage est continu.

III.1 - Pose des superstructures.

Les superstructures agissent comme une charge répartie de densité constante appliquée sur la totalité de la poutre continue.

Le calcul des efforts et des contraintes s'opère simplement.

III.2 - Efforts hyperstatiques dus au retrait.

Pour calculer les effets du retrait qui a lieu dans la structure entre le dernier clavage et le temps infini, le programme procède de façon analogue à celle décrite dans le § II.2.4.

III.3 - Pertes dans les câbles de continuité (2ème famille)

Il s'agit ici de calculer les pertes totales. Pour les pertes par retrait et par relaxation, il est procédé comme indiqué au chapitre IV (module FLEAU), § V.3.2 et § V.3.3, les fonctions V et VI ayant pour valeur l'unité.

Pour le calcul des pertes par fluage, on calcule la contrainte de compression dans la section de référence définie au § II.2.3.

Appelons σ_0 la contrainte dans le béton au centre de gravité des câbles de la famille 2 compte tenu des pertes par retrait et relaxation mais compte non tenu des pertes par fluage. Pour une contrainte finale de compression unitaire en ce point, la perte de tension par fluage dans ces câbles vaut :

$$E_a / E_f \quad \text{avec} \quad E_f = 10.500 \sqrt{\sigma_{28}}$$

Cette perte de tension provoque au point considéré du béton une variation de contrainte normale dont la valeur absolue est k . Le programme calcule la contrainte finale dans le béton en ce point par :

$$\sigma_b = \frac{\sigma_0}{1 + k}$$

La perte de tension par fluage supposée uniforme le long des câbles, identique pour tous les câbles d'une même famille d'une même travée vaut :

$$\sigma_b \frac{E_a}{E_f}$$

III.4 - Efforts hyperstatiques dus aux pertes complémentaires dans les câbles de continuité.

Le programme calcule la variation d'effort normal de précontrainte dans la section de référence qui correspond aux pertes (retrait + fluage + relaxation) qui s'effectuent entre le dernier clavage et le temps infini. De la même façon qu'au § II.2.3, on en déduit les efforts hyperstatiques correspondants.

III.5 - Pertes complémentaires dans les câbles chapeaux de fléau (1ère famille).

Les pertes complémentaires par relaxation et retrait se calculent simplement en prenant pour valeur de V et VI l'unité.

Pour les pertes par fluage, la méthode de calcul se rapproche de celle utilisée pour les câbles de deuxième famille.

Le programme distingue d'une part l'action des superstructures et des pertes complémentaires, par retrait et relaxation et d'autre part les causes ayant agi précédemment.

Considérons en chaque section la contrainte apportée par la charge équivalente aux superstructures et aux effets des pertes complémentaires par retrait et relaxation, $\overline{\sigma}_{sup}$.

Si k' est la perte de tension calculée pour une contrainte unité dans le béton, le programme calcule la variation de contrainte finale :

$$\frac{\Delta \overline{\sigma}_{sup}}{1 + k'} \quad \text{et la perte} \quad \frac{E_a}{E_f} \cdot \frac{\Delta \overline{\sigma}_{sup}}{1 + k'}$$

Le calcul suppose que le fluage est un phénomène linéaire et réversible. En général, cette perte se déduit des autres pertes par fluage.

Concernant les autres causes, le programme reprend pour chaque section la suite des fonctions $\epsilon_{jf}(t)$ définies dans le chapitre IV § V.3.4. Si le fluage ne faisait pas varier la contrainte de compression par le biais de la perte de tension par fluage, celle-ci serait :

$$E_a \left(\epsilon_{jf}(\infty) - \epsilon_{jf}(t_{sup}) \right)$$

t_{sup} étant l'instant auquel on place les superstructures.

$\epsilon_{jf}(\infty)$ est calculée en posant $V(\infty) = 1$

Cette perte est proportionnelle à $\Delta \sigma$, par conséquent, la variation de contrainte dans le béton due à cette perte est aussi proportionnelle à $(\Delta \sigma)_{j-1}$ soit $A.(\Delta \sigma)_{j-1}$ sa valeur.

Le programme calcule la variation finale de contrainte dans le béton par :

$$\frac{A(\Delta \sigma)_{j-1}}{1 + |A|}$$

et la perte par fluage dans l'acier dues à $(\Delta \sigma)_{j-1}$:

$$\frac{E_a \left(\epsilon_{jf}(\infty) - \epsilon_{jf}(t_{sup}) \right)}{1 + |A|}$$

Pour avoir la perte totale, il faut faire une sommation par rapport à l'indice j .

III.6 - Efforts hyperstatiques dus aux pertes complémentaires dans les câbles chapeaux de fléau.

Comme pour les câbles de deuxième famille, le programme calcule les pertes intervenues entre le dernier clavage et le temps infini, dans les section de référence (sections sur appuis). Il détermine ensuite les efforts hyperstatiques correspondants.

III.7 - Effets du retrait et des pertes complémentaires.

Ayant calculé et imprimé l'état des pertes complémentaires, le programme détermine les effets tenant compte de tous les efforts hyperstatiques calculés précédemment, y compris ceux provenant du retrait (voir § II.2.3, II.2.4, III.2, III.4 et III.6).

III.8 - Tensions finales des câbles.

Le programme imprime les tensions finales de tous les câbles, section par section et pour tout l'ouvrage. Si certains câbles sont déduits d'autres par identité ou symétrie, leurs numéros sont générés par programme selon la même règle que celle utilisée par le précompilateur (voir chapitre II § II).

Les tensions sont exprimées en hectobars.

III.9 - Effets dus aux surcharges.

III.9.1 - A (l) et surcharge de trottoirs.

Les efforts internes correspondants sont calculés par le module SURCHARGES (voir chapitre VI).

Le présent module calcule et imprime les contraintes nécessaires à la vérification en service et ce en section rendue homogène. Le coefficient 1,1 pour béton précontraint n'est pas appliqué sur ces valeurs, il le sera lors des combinaisons.

III.9.2 - Gradients thermiques.

Le calcul des efforts hyperstatiques est conduit par la méthode des forces à partir des rotations d'extrémités des travées supposées indépendantes sous l'effet des gradients thermiques, calculées ainsi :

$$\omega'_i = Eb \int_0^{l_i} \left(1 - \frac{x}{l_i}\right) \frac{\xi \Delta\theta}{ht(x)} dx$$

$$\omega''_i = -Eb \int_0^{l_i} \frac{x}{l_i} \frac{\xi \Delta\theta}{ht(x)} dx$$

l_i est la longueur de la travée i ,

$ht(x)$ la hauteur totale de la poutre à l'abscisse x ,

ξ le coefficient de dilatation thermique du béton,

$\Delta\theta$ le gradient thermique (longue ou courte durée),

et Eb le module d'Young instantané du béton.

Le programme calcule et imprime les contraintes pour un degré de différence de température.

Les coefficients TETA1 (courte durée) et TETA 2 (longue durée) sont appliqués lors de la vérification en service.

III.10 - Etat à vide avant redistribution des efforts internes par fluage

Le programme imprime les tableaux d'efforts et contraintes suivants :

- effets dus aux efforts hyperstatiques de précontrainte et au retrait.
- réactions des systèmes d'appuis (moment, réaction horizontale et réaction verticale).
- effets dus aux charges permanentes qui comprennent le poids propre et les superstructures.
- état à vide représentant l'état des efforts et contraintes compte tenu de toutes les sollicitations.

III.11 - Vérification en service avant redistribution des efforts internes par fluage.

Le programme procède aux vérifications réglementaires (I.P. n° 1) sous surcharge simple et sous surcharge multipliée par 1,8.

III.11.1 - Vérification sous surcharge simple.

Pour chaque section de vérification, le programme calcule et imprime sur deux lignes les valeurs enveloppes des contraintes normales et de cisaillement, en envisageant les combinaisons les plus défavorables des grandeurs suivantes :

- état à vide avant redistribution d'efforts internes par fluage.
- gradient thermique de courte durée.
- surcharges (coefficient multiplicateur 1,1) et gradient thermique de longue durée.
- charge permanente majorée (commentaire de l'alinéa 1 de l'article 5 de l'instruction provisoire n° 1 du 12 Août 1965.).

Le programme retient pour le calcul d'étriers la plus grande des deux contraintes de cisaillement imprimées.

Puis il vérifie que les contraintes normales sont comprises entre 0 et $0,42 \sigma_{28}$ et que la valeur absolue de la contrainte de cisaillement τ_b est inférieure à la valeur $\bar{\tau}_b$ donnée par la formule de CHALOS et BETEILLE.

$$\bar{\tau}_b = \sqrt{\frac{\sigma_b'}{\sigma_b} (\sigma_b - \sigma_G) (\sigma_b' + \sigma_G)}$$

avec $\sigma_b = 0,42 \sigma_{28}$

$$\sigma_b' = 0,42 (7 + 0,06 \sigma_{28})$$

$$\sigma_G = \text{contrainte au niveau du centre de gravité.}$$

Si une de ces conditions n'est pas satisfaite, le programme imprime *** dans la colonne CONTRAINTES NON SATISFAITES.

De plus, il calcule la surface d'étriers nécessaire (la valeur imprimée peut être celle qui découle du calcul sous surcharge majorée si elle est plus grande) par la formule :

$$\omega = \frac{\tau}{\xi \sigma_a \cotg \beta}$$

dans laquelle τ est l'effort tranchant réduit,

ξ le bras de levier du couple élastique

et
$$\cotg \beta = \frac{\sigma_G}{2|\tau_b|} + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_G}{2\tau_b}\right)^2}$$

$$\sigma_a = \rho_a \sigma_e$$

avec $\rho_a = 2/3$ si l'on est à une extrémité de voussoir (section de reprise)
 et $\rho_a = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{z_b}{z_b} \right)^2$ dans les autres cas.

III.11.2 - Vérification sous surcharge multipliée par 1,8.

Appelons : M_G le moment fléchissant développé par les charges permanentes (les moments hyperstatiques de précontrainte et de retrait y sont inclus).

M_Q le moment fléchissant développé par les surcharges (voir nota page 49).

M_{RA} le moment résistant acier.

M_{RB} le moment résistant béton.

Le programme vérifie que :

$$M_G + 1,8 M_Q \leq 0,9 MR_A$$

et que $M_G + 1,8 M_Q \leq 0,7 MR_B$

Le calcul est fait sous moments fléchissants minimum et maximum. Si l'une de ces conditions n'est pas satisfaite, il imprime *** dans la colonne MOMENT RESISTANT INSUFFISANT.

Le programme ne tient pas compte de l'interaction entre moment fléchissant et effort normal c'est-à-dire qu'il suppose que le moment de rupture peut être calculé comme si l'effort normal était nul.

En ce qui concerne la résistance à l'effort tranchant, le programme calcule la contrainte de cisaillement limite τ_l déduite du critère de MM. CHALOS et BETEILLE.

$$\tau_l = \sqrt{\frac{\sigma_{28}'}{\sigma_{28}} (\sigma_{28} - \sigma_G) (\sigma_{28}' + \sigma_G)}$$

Il recherche les contraintes de cisaillement extrêmes sous surcharge x 1,8 (voir nota page 49), les imprime sur deux lignes différentes et retient la plus grande en valeur absolue pour les calculs ultérieurs, soit τ_{1b} .

Dans le tableau de résultats, ces contraintes et τ_l sont appelées respectivement CONTRAINTES DE CISAILLEMENT SOUS SURCHARGE MULTIPLIEE PAR 1,8 REELLE ET LIMITE.

Le programme vérifie si :

$$|\tau_{1b}| < \tau_l$$

S'il en est ainsi, on est à l'intérieur du domaine de résistance et le programme calcule la surface d'étriers nécessaires par la formule :

$$\omega = \frac{\tau_1}{\xi \sigma_d \cotg \beta_1}$$

avec \mathcal{E}_1 effort tranchant réduit correspondant à τ_{1b} ,
 ξ bras de levier du couple élastique,
 et $\sigma_{\bar{d}}$ plus petite des deux valeurs $1,2 \sigma_{\bar{e}}$ ou $\sigma_{\bar{a}rg}$ ($\sigma_{\bar{a}rg}$ étant la contrainte de rupture des aciers pour étriers).

Dans le cas contraire ($|\tau_{1b}| > \tau_{\bar{d}}$) le programme vérifie que la contrainte de compression dans les bielles ne dépasse pas la moitié de la résistance du béton c'est-à-dire que l'inégalité suivante est satisfaite :

$$2 \tau_{1b} \cdot \left(\frac{\sqrt{1 + \left(2 \frac{\tau_{\bar{d}}}{\sigma_{\bar{d}}}\right)^2}}{2 \frac{\tau_{\bar{d}}}{\sigma_{\bar{d}}}} \right) < 0,5 \sigma_{\bar{d}}$$

Si cette inégalité n'est pas satisfaite, il imprime *** dans la colonne CONTRAINTES NON SATISFAITES. Puis il détermine la section d'étriers nécessaires par la formule :

$$\omega_1 = \frac{\mathcal{E}_1}{\xi_1 \sigma_{\bar{d}} \cotg \gamma}$$

ξ_1 est le bras de levier du couple à la rupture,

$$\cotg \gamma = \frac{\sigma_{\bar{d}}}{2 \tau_{\bar{d}}} + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_{\bar{d}}}{2 \tau_{\bar{d}}}\right)^2}$$

NOTA - Dans l'étude sous surcharge x 1,8, les combinaisons sont traitées de la façon suivante :

- le gradient thermique de courte durée seul est pris en compte multiplié par 1,8.
- le gradient thermique de longue durée est combiné s'il y a lieu sans cette majoration.

III.12 - Redistribution d'efforts internes par fluage.

Référence : Circulaire du 2 Avril 1975.

Le programme permet de considérer qu'une fraction RK2 du poids propre est prise "par le travail en console" et que la fraction $1 - RK2$ restante est prise "par le travail en poutre continue".

(dans les efforts internes dus aux charges permanentes, sont inclus les moments hyperstatiques de précontrainte).

RK2 = 0,5 d'après la circulaire.

Le programme calcule les efforts et contraintes dus au poids propre dans l'hypothèse où la poutre serait intégralement coulée sur cintre (Etat S2).

D'autre part, il calcule les efforts hyperstatiques dus aux câbles dans l'hypothèse où ils seraient mis en tension à une valeur " toutes pertes effectuées", l'ouvrage étant rendu continu.

Enfin, il procède de façon analogue pour le calcul des efforts hyperstatiques dus au retrait.

Pour ces derniers calculs, on emploie la méthode suivante :

- Câbles de continuité :

(référence § II.2.3)

On calcule ΔN_i correspondant aux pertes totales effectuées depuis la mise en tension.

Dans l'état S2, les efforts hyperstatiques sont calculés par la méthode des forces à partir des éléments suivants :

$$\Delta \omega_i = \omega_i \left(\frac{N_i - \Delta N_i}{N_i} \right)$$

$$\Delta \omega_i'' = \omega_i'' \left(\frac{N_i - \Delta N_i}{N_i} \right)$$

$$\Delta T_i^g = T_i^g \left(\frac{N_i - \Delta N_i}{N_i} \right)$$

$$\Delta T_i^d = T_i^d \left(\frac{N_i - \Delta N_i}{N_i} \right)$$

$$\Delta \xi_i = \xi_i \left(\frac{N_i - \Delta N_i}{N_i} \right)$$

- Câbles chapeaux de fléau :

Il est procédé de façon analogue avec les grandeurs

$$\omega_{id}^g, \omega_{id}''^g, T_{id}^g, T_{id}^d, \xi_{id}, N_{id}$$

$$\text{et } \omega_{ig}^g, \omega_{ig}''^g, T_{ig}^g, T_{ig}^d, \xi_{ig}, N_{ig}$$

Le programme imprime la variation d'efforts due à la redistribution d'efforts internes par fluage (c'est-à-dire correspondant à $(1 - RK2)(S2 - S1)$), qui permet de passer de l'état S1 à l'état $RK2 \times S1 + (1 - RK2) \times S2$.

Pour le retrait, il est procédé de façon analogue à celle du § II.2.4, l'intervalle de temps considéré étant celui qui sépare l'âge des tronçons au moment du clavage du "temps infini" (on utilise $V(\infty) = 1$).

III.13 - Etat à vide après redistribution d'efforts internes par fluage.

En tenant compte des efforts de redistribution le programme procède comme indiqué au § III.10 (pour l'état à vide avant redistribution).

III.14 - Vérification en service après redistribution d'efforts internes par fluage.

Cette vérification s'exécute de façon analogue à celle qui est faite avant redistribution des efforts internes par fluage (§ III.11).

CHAPITRE VI : MODULE SURCHARGES

Dans ce chapitre, le terme "programme" désigne le module SURCHARGES.

I - CALCULS DE STRUCTURE - RECAPITULATION DES DONNEES

La méthode employée pour les calculs de structure est présentée au chapitre V (module CONTINUITE) et explicitée dans l'annexe I à la pièce 5.

Ce sont les coefficients de souplesse instantanés qui interviennent ici.

Le programme rappelle en premier lieu l'intitulé de l'ouvrage et les dates de traitement par les modules SURCHARGES et FLEAU, puis les coefficients de souplesse des systèmes d'appuis.

Si tous les coefficients de souplesse sont nuls, la poutre est sur appuis simples en phase définitive et le programme imprime

APPUIS SIMPLES

Il calcule ensuite les coefficients de souplesse des travées (avec le module d'Young instantané du béton), comme indiqué au chapitre V § II.

II - LIGNES D'INFLUENCE

Le programme imprime les lignes d'influence de moment fléchissant, d'effort tranchant et d'effort normal pour chaque section de vérification.

Ces lignes s'obtiennent en appliquant une charge unité d'abscisse variable et en calculant les efforts isostatiques correspondants. La méthode des forces permet de calculer les efforts hyperstatiques.

III - EXPLOITATION DES LIGNES D'INFLUENCE - CALCUL DES EFFORTS SOUS A (ℓ) ET LA SURCHARGE DE TROTTOIRS

On suppose que la surcharge A (ℓ) est prépondérante et que la répartition transversale entre les caissons constituant le pont est connue.

On charge donc une certaine largeur KA qui tient compte des coefficients a_1 et a_2 .

Il est admis de plus que l'intensité de la surcharge de trottoirs répartie sur tout l'ouvrage est constante et égale à BETA.

KA et BETA sont fournies dans les données générales et rappelées en tête de la note de calculs.

La valeur plancher $400 - 0,2 \ell$ n'est jamais prise en compte.

Les surfaces délimitées par les lignes d'influence se calculent par la méthode des trapèzes.

Pour chaque section de vérification, le programme recherche les efforts extrêmes dus à A (ℓ).

. Moment fléchissant :

Il calcule l'effort normal concomitant nécessaire à la détermination des contraintes normales.

. Effort tranchant :

Pour faire la réduction par effet RESAL, le programme doit calculer l'effort normal et le moment fléchissant concomitants.

. Effort normal :

On admet que celui-ci n'est jamais prépondérant pour le calcul des contraintes normales, c'est-à-dire que les cas de charge sont résolus en considérant seulement le moment fléchissant.

Pour chaque section de vérification, le programme calcule de plus les efforts extrêmes sous l'effet de la surcharge de trottoirs et les efforts concomitants.

En fin de note de calculs et sous le titre :

EFFORTS INTERNES EXTREMAUX DUS AUX SURCHARGES

le programme fait la récapitulation des efforts obtenus en cumulant les effets de A (ℓ) et de la surcharge de trottoirs.

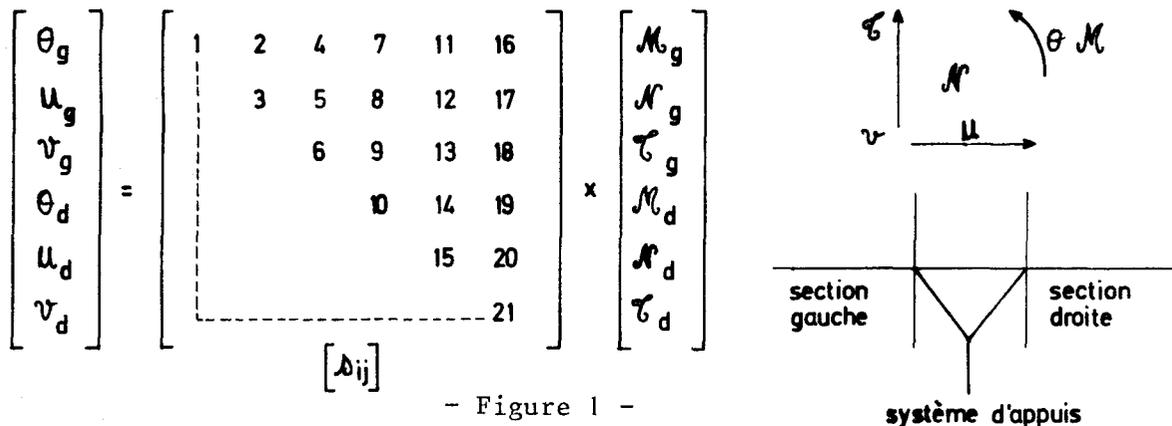
S Y S T E M E V. E. P.

=====

- Annexe I (Pièce 5) -

I - COEFFICIENTS DE SOUPLESSE D'UN SYSTEME D'APPUIS

Dans les calculs de structures, un système d'appuis est représenté par la matrice $[\Delta_{ij}]$ qui lie les efforts dans les sections situées à gauche et à droite du système d'appuis aux déplacements des centres de gravité de ces sections de la façon suivante :



Cette matrice 6 x 6 $[\Delta_{ij}]$ est symétrique (Théorème de MAXWELL), il suffit donc de donner 21 coefficients pour la définir.

Dans ce qui suit, $[\Delta_{ij}]$ est mise sous une forme plus commode d'emploi (c'est aussi le mode de stockage employé par les modules SURCHARGES et CONTINUITE).

Les 21 termes (représentant la diagonale principale et le triangle supérieur) sont rangés par colonne (de haut en bas et de gauche à droite) dans une matrice unicolonne à 21 positions (figure 1).

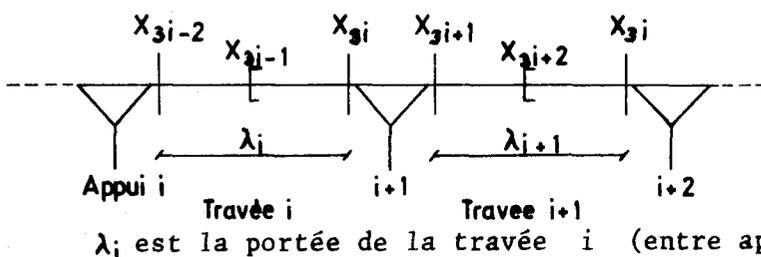
Nous appelons cette matrice $[S]^k$ pour le système d'appuis k.

Le terme Δ_{ij} de la matrice $[\Delta_{ij}]$ est représenté dans la matrice $[S]^k$ par S_l^k avec $l = \frac{j(j-1)}{2} + i$

II - MISE EN EQUATIONS

Les inconnues hyperstatiques choisies sont :

- les moments aux extrémités des travées (convention de signe de M. COURBON)
- l'effort normal dans chaque travée.



L'effort tranchant dû aux inconnues hyperstatiques dans la travée i est

$$\frac{X_{3i} - X_{3i-2}}{\lambda_i}$$

Les efforts appliqués à l'appui $i + 1$ sont :

$$N_g = -X_{3i}$$

$$T_g = \frac{X_{3i} - X_{3i-2}}{\lambda_i} + T_{d,iso}^i$$

$$N_d = X_{3i-1}$$

$$M_d = X_{3i+1}$$

$$T_d = -\frac{X_{3i+3} - X_{3i+1}}{\lambda_{i+1}} - T_{g,iso}^i$$

$$N'_d = -X_{3i-2}$$

On désigne par a_i , b_i et c_i les coefficients de souplesse de la travée i (notation de M. COURBON) et par d_i son coefficient de souplesse à l'effort normal défini ainsi :

$$d_i = \int_0^{\lambda_i} \frac{dx}{ES}$$

Considérant la travée $i + 1$, on peut écrire :

$$u_{g,i+2} - u_{d,i+1} = -d_{i+1} \cdot X_{3i+2} + e_{i+1} \cdot \lambda_{i+1}$$

$$\theta_{d,i+1} = -a_{i+1} \cdot X_{3i+1} - b_{i+1} \cdot X_{3i+3} + \omega_{i+1}' + \frac{u_{g,i+2} - u_{d,i+1}}{\lambda_{i+1}}$$

$$\theta_{g,i+2} = b_{i+1} \cdot X_{3i+1} + c_{i+1} \cdot X_{3i+3} + \omega_{i+1}'' + \frac{u_{g,i+2} - u_{d,i+1}}{\lambda_{i+1}}$$

$e_{i+1} \cdot \lambda_{i+1}$ étant un allongement imposé à la travée $i + 1$

Les équations écrites pour toutes les travées concernées peuvent se mettre sous la forme matricielle :

$$[A] \times [X] = [B]$$

Si n est le nombre de travées de la structure considérée,

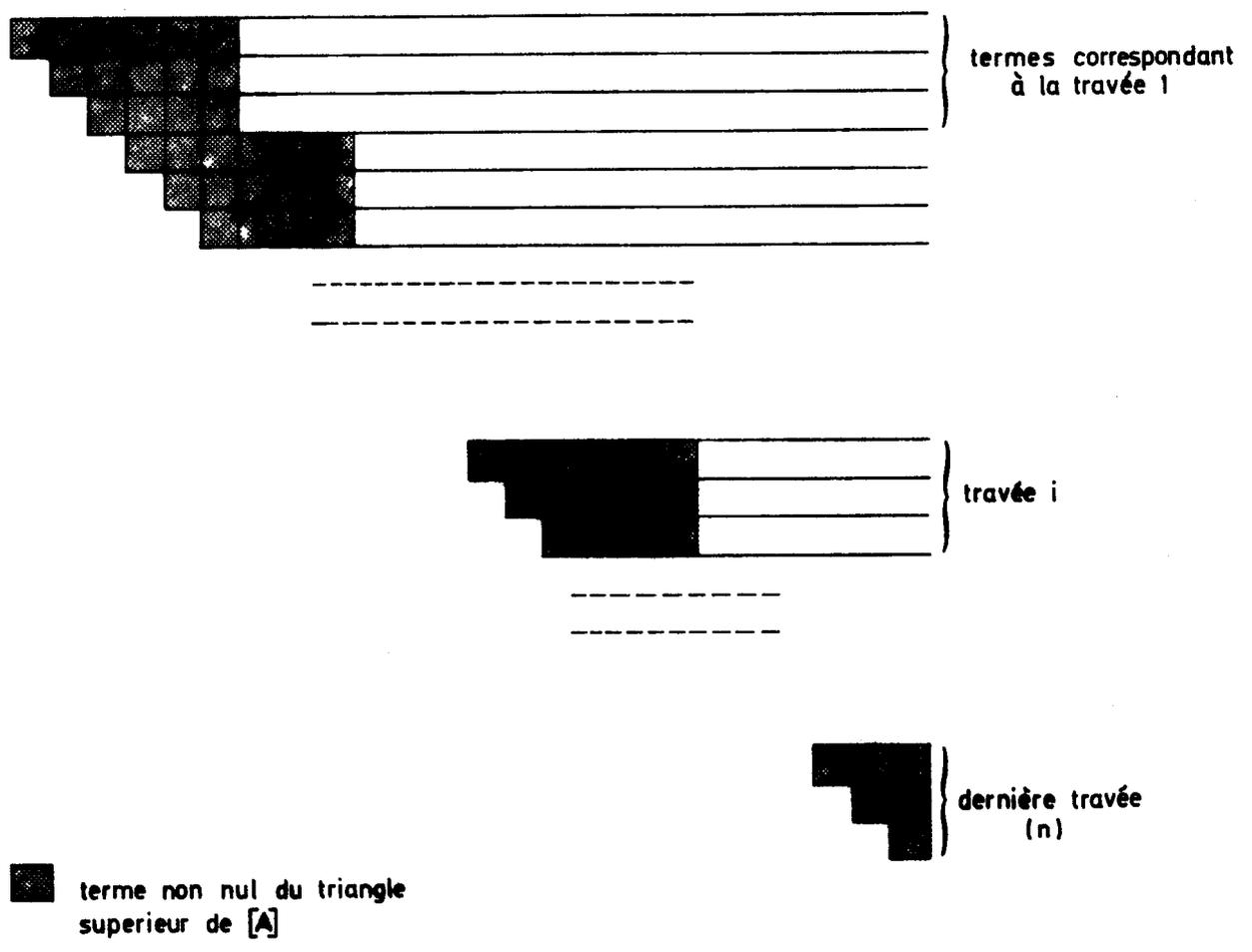
A est sa matrice de souplesse de dimension $3n \times 3n$

B est le vecteur second membre

et X le vecteur solution (vecteur des inconnues hyperstatiques)

A est une matrice bande symétrique dont la "largeur de bande" vaut 9.
Sa structure est représentée sur la figure 3.

Les termes en grisé figurent dans la note de calculs sous le titre :
MATRICE DU SYSTEME (RESULTATS INTERMEDIAIRES)



- Figure 3 -

Nous donnons ci-après les termes de la matrice [A] correspondant à la travée i ainsi que les termes du vecteur second membre homologues.

$A(k, l)$ est le terme de la matrice A situé à l'intersection de la ligne k et de la colonne l .

$$A(3i-2, 3i-2) = a_i + S_{10}^i + 2 S_{19}^i / \lambda_i + S_{21}^i / \lambda_i^2 + S_6^{i+1} / \lambda_i^2$$

$$A(3i-2, 3i-1) = -S_{14}^i - S_{20}^i / \lambda_i - S_5^{i+1} / \lambda_i$$

$$A(3i-1, 3i-1) = S_3^{i+1} + S_{15}^i + d_i$$

$$A(3i-2, 3i) = b_i - S_{19}^i / \lambda_i - S_{21}^i / \lambda_i^2 + S_4^{i+1} / \lambda_i - S_6^{i+1} / \lambda_i^2$$

$$A(3i-1, 3i) = S_{20}^i / \lambda_i - S_2^{i+1} + S_5^{i+1} / \lambda_i$$

$$A(3i, 3i) = c_i + S_1^{i+1} - 2 S_4^{i+1} / \lambda_i + S_{21}^i / \lambda_i^2 + S_6^{i+1} / \lambda_i^2$$

$$A(3i-2, 3i+1) = -S_9^{i+1} / \lambda_i - S_{18}^{i+1} / (\lambda_i \lambda_{i+1})$$

$$A(3i-1, 3i+1) = S_8^{i+1} + S_{17}^{i+1} / \lambda_{i+1}$$

$$A(3i, 3i+1) = S_9^{i+1} / \lambda_i + S_{18}^{i+1} / (\lambda_i \lambda_{i+1}) - S_{16}^{i+1} / \lambda_{i+1} - S_7^{i+1}$$

$$A(3i-2, 3i+2) = S_{13}^{i+1} / \lambda_i$$

$$A(3i-1, 3i+2) = -S_{12}^{i+1}$$

$$A(3i, 3i+2) = -S_{13}^{i+1} / \lambda_i + S_{11}^{i+1}$$

$$A(3i-2, 3i+3) = S_{18}^{i+1} \lambda_i \lambda_{i+1}$$

$$A(3i-1, 3i+3) = -S_{17}^{i+1} / \lambda_{i+1}$$

$$A(3i, 3i+3) = -S_{18}^{i+1} / (\lambda_i \lambda_{i+1}) + S_{16}^{i+1} / \lambda_{i+1}$$

$B(k)$ est le $k^{\text{ième}}$ terme de la matrice colonne [B]

$$B(3i-2) = T_{g,iso}^i (S_{19}^i + S_{21}^i / \lambda_i) + T_{d,iso}^i S_6^{i+1} / \lambda_i - T_{d,iso}^{i-1} (S_9^i + S_{18}^i / \lambda_i) - T_{g,iso}^{i+1} S_{18}^{i+1} / \lambda_i + \omega_i$$

$$B(3i-1) = -S_{20}^i T_{g,iso}^i - S_5^{i+1} T_{d,iso}^i + e_i \lambda_i + T_{d,iso}^{i-1} S_{13}^i + T_{g,iso}^{i+1} S_{17}^{i+1}$$

$$B(3i) = -T_{g,iso}^i S_{21}^i / \lambda_i - T_{d,iso}^i (S_6^{i+1} / \lambda_i - S_4^{i+1}) + T_{d,iso}^{i-1} S_{18}^i / \lambda_i + T_{g,iso}^{i+1} (S_{18}^{i+1} / \lambda_i - S_{16}^{i+1}) - \omega_i$$

Pour la travée 1, les termes de [A] sont identiques à ceux de la travée i en posant $i = 1$.

Les termes de [B] sont :

$$B(1) = T_{g,iso}^1 (S_{19}^1 + S_{21}^1/\lambda_1) + T_{d,iso}^1 S_6^2/\lambda_1 + \omega_1' + M_{ext}^g (S_{16}^1/\lambda_1 + S_7^1) - \mathcal{C}_{ext}^g (S_9^1 + S_{18}^1/\lambda_1) - T_{g,iso}^2 S_{18}^2/\lambda_1$$

$$B(2) = -S_{20}^1 T_{g,iso}^1 - S_5^2 T_{d,iso}^1 + \epsilon_1 \lambda_1 - M_{ext}^g S_{11}^1 + \mathcal{C}_{ext}^g S_{13}^1 + T_{g,iso}^2 S_{17}^2$$

$$B(3) = -T_{g,iso}^1 S_{21}^1/\lambda_1 + T_{d,iso}^1 (S_4^2 - S_6^2/\lambda_1) - \omega_1'' - M_{ext}^g S_{16}^1/\lambda_1 + \mathcal{C}_{ext}^g S_{18}^1/\lambda_1 + T_{g,iso}^2 (S_{18}^2/\lambda_1 - S_{16}^2)$$

M_{ext}^g et \mathcal{C}_{ext}^g sont les moment et effort tranchant appliqués à l'extrémité gauche de la structure.

Pour la travée n, les termes de [A] sont indentiques à ceux de la travée i en posant $i = n$.

Ils sont à prendre en compte jusqu'au rang (3i, 3i) - (les 9 derniers termes n'ont pas à figurer).

Les termes de [B] sont :

$$B(3n-2) = T_{g,iso}^n (S_{19}^n + S_{21}^n/\lambda_n) + T_{d,iso}^n S_6^{n+1}/\lambda_n + \omega_n' - T_{d,iso}^{n-1} (S_9^n + S_{18}^n/\lambda_n) + M_{ext}^d S_9^{n+1}/\lambda_n - \mathcal{C}_{ext}^d S_{18}^{n+1}/\lambda_n$$

$$B(3n-1) = -S_{20}^n T_{g,iso}^n - S_5^{n+1} T_{d,iso}^n + \epsilon_n \lambda_n + T_{d,iso}^{n-1} S_{13}^n - M_{ext}^d S_{18}^{n+1} + \mathcal{C}_{ext}^d S_{17}^{n+1}$$

$$B(3n) = T_{g,iso}^n S_{21}^n/\lambda_n + T_{d,iso}^n (S_4^{n+1} - S_6^{n+1}/\lambda_n) - \omega_n'' + T_{d,iso}^{n-1} S_{18}^n/\lambda_n + M_{ext}^d (S_7^{n+1} - S_9^{n+1}/\lambda_n) - \mathcal{C}_{ext}^d (S_{16}^{n+1} - S_{18}^{n+1}/\lambda_n)$$

M_{ext}^d et \mathcal{C}_{ext}^d sont les moment et effort tranchant appliqués à l'extrémité droite de la structure.

III - RESOLUTION DU SYSTEME

La matrice [A] est définie positive, on peut donc l'inverser et obtenir les inconnues hyperstatiques par le produit :

$$[X] = [A]^{-1} [B]$$

B est construite à chaque cas de charge.

Pour la travée i :

$$X(3i - 2) = \text{moment fléchissant hyperstatique à gauche,}$$

$$X(3i - 1) = - \text{effort normal hyperstatique,}$$

$$\text{et } X(3i) = \text{moment fléchissant hyperstatique à droite.}$$

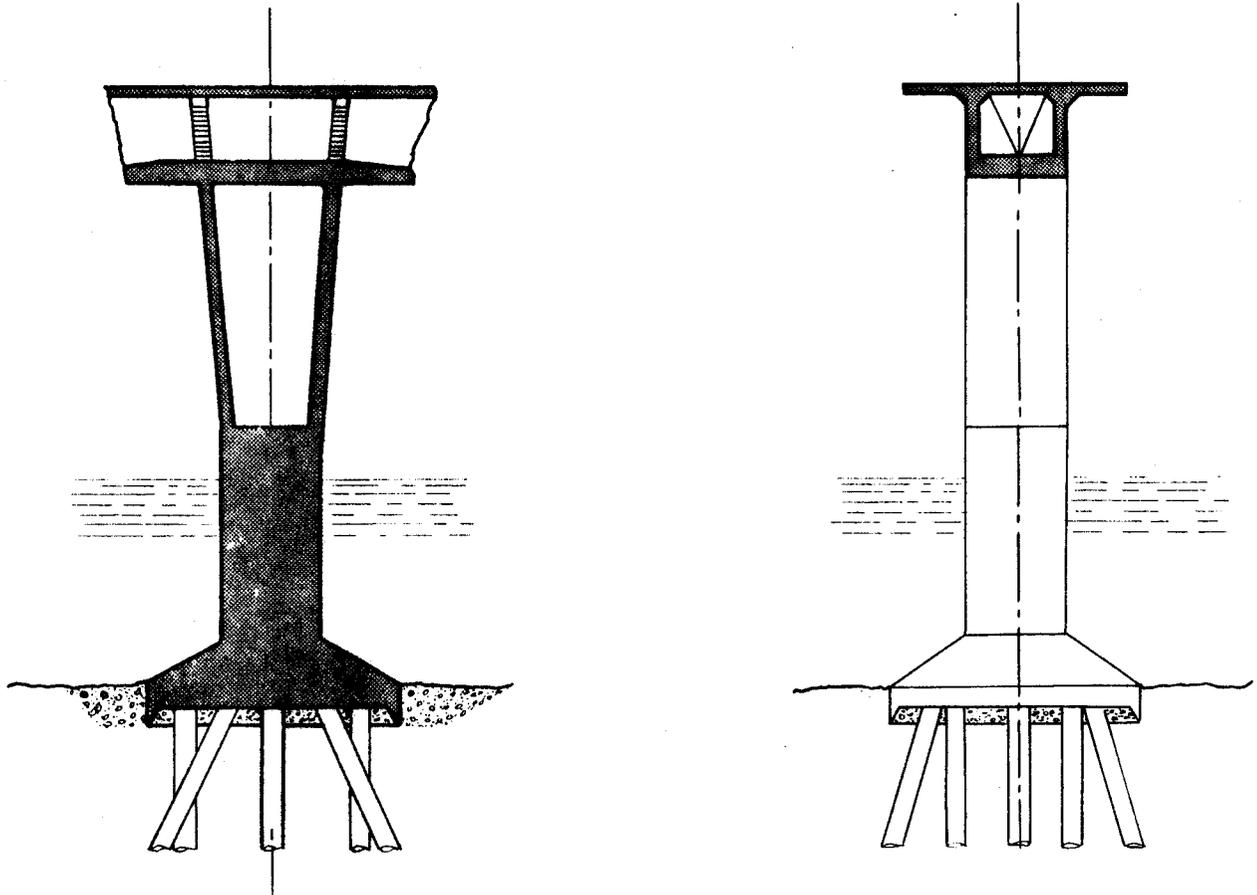
VEP 77

SETRA

SYSTEME DE VERIFICATION

DIVISION DES
OUVRAGES D'ART A

DE POUTRES EN BETON PRECONTRAIT CONSTRUITES PAR ENCORBELLEMENT



Module appuis

SOUS-DOSSIER n° 6

PIECE 6-1

SOUS DOSSIER 6

PIECE 6-1

S Y S T E M E V. E. P.

M Ø D U L E A P P U I S

=====

I - Ø B J E T

A chaque étape de la mise en continuité de l'ouvrage, on calcule une matrice de flexibilité utilisant les coefficients de souplesse des systèmes d'appuis, provisoires ou définitifs (voir l'annexe I de la pièce 5 du dossier V.E.P. 77).

Ces coefficients de souplesse lient les déplacements au centre de gravité des sections de gauche et de droite de chaque système d'appuis, aux efforts en ces points.

La matrice de souplesse de l'ensemble comprenant la portion de tablier comprise entre les deux appuis, la (ou les) pile(s) et la fondation est définie ainsi :

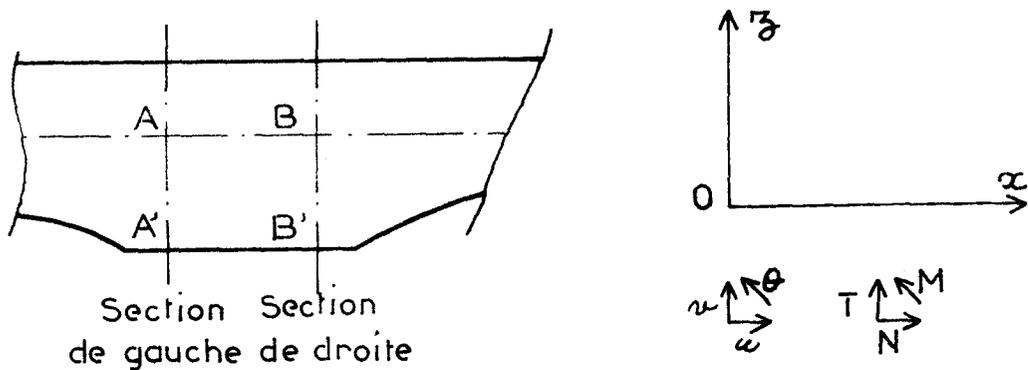


Figure 1 - Système d'appuis.

$$\begin{pmatrix} \theta_A \\ u_A \\ v_A \\ \theta_B \\ u_B \\ v_B \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} & b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} & b_{26} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} & b_{36} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} & b_{45} & b_{46} \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & b_{55} & b_{56} \\ b_{61} & b_{62} & b_{63} & b_{64} & b_{65} & b_{66} \end{pmatrix}}_{(S)} \times \begin{pmatrix} M_A \\ N_A \\ T_A \\ M_B \\ N_B \\ T_B \end{pmatrix}$$

La matrice S étant symétrique, seuls 21 coefficients suffisent pour définir la diagonale principale et le triangle supérieur.

En réalité chaque système d'appuis engendre 21 coefficients pour les efforts instantanés et 21 coefficients pour les efforts soutenus.

Le module APPUIS calcule ces coefficients à partir des données géométriques et mécaniques qui définissent la portion de tablier, la (ou les) pile(s) et la fondation.

CAS TRAITES

La structure qui transmet les efforts du tablier à la fondation que nous appellerons parfois "pile" est toujours supposée à plan moyen vertical, celui-ci étant confondu avec xOz .

La direction des lignes d'appui est perpendiculaire au plan xOz .

Le module permet de traiter le cas général de la pile dédoublée avec deux files d'appuis identiques en élastomère fretté ainsi que tous les cas de dégénérescence pouvant en découler (voir la figure 6 dans le commentaire des bordereaux de données).

La pile est reliée à la fondation par une semelle infiniment rigide, unique pour un système d'appuis et qui n'intervient que par son épaisseur. La semelle peut être fondée sur sol rigide ou sur sol élastique superficiellement, ou sur pieux. Dans ce dernier cas les pieux seront définis dans trois dimensions.

DONNEES A FOURNIR

Le module permet de traiter un nombre quelconque de systèmes d'appuis.

L'utilisateur doit décrire chaque système d'appuis dans son intégrité par quelques données (géométriques et mécaniques) ; toutefois si un système d'appuis diffère peu d'un autre, il est permis de le signaler en clair au gestionnaire du système V.E.P. sans réécrire les données correspondantes.

RESULTATS

Le module APPUIS rappelle sous forme claire les données fournies. Il imprime pour chaque système d'appuis les 21 coefficients instantanés et soutenus.

Ces coefficients sont également fournis sur cartes pour être transmis aux autres modules du système V.E.P. (celles-ci ont un format identique à celui de la carte CS du bordereau n° 29 V.E.P.).

PIECE 6-2

SOUS DOSSIER 6

PIECE 6-2

S Y S T E M E V. E. P.

M Ø D U L E A P P U I S

II - COMMENTAIRE DES BORDEREAUX DE DONNEES

- G E N E R A L I T E S -

Chaque système d'appuis est identifié par un numéro d'ordre et un indicateur alphanumérique.

Il y a lieu de respecter les mêmes indications que pour les autres données du système V.E.P., lors du remplissage des bordereaux de données (voir pièce n° 2 page 2). Bien entendu, on peut ne pas remplir les colonnes correspondant aux données que peut fournir le précompilateur.

Le groupe de cartes nécessaire à une exécution du module APPUIS comprend des données pour chaque système d'appuis et éventuellement des données générales valables pour tous les systèmes d'appuis.

Si une erreur est détectée dans les données générales, le traitement est arrêté.

Si une erreur apparaît dans un groupe de données concernant un système d'appuis, le module passe au système d'appuis suivant.

Un repère de coordonnées spatial est nécessaire pour définir les pieux uniquement, si le cas se présente, il est défini plus loin.

La figure 1 montre en exemple la structure d'un groupe de cartes pour traiter trois systèmes d'appuis.

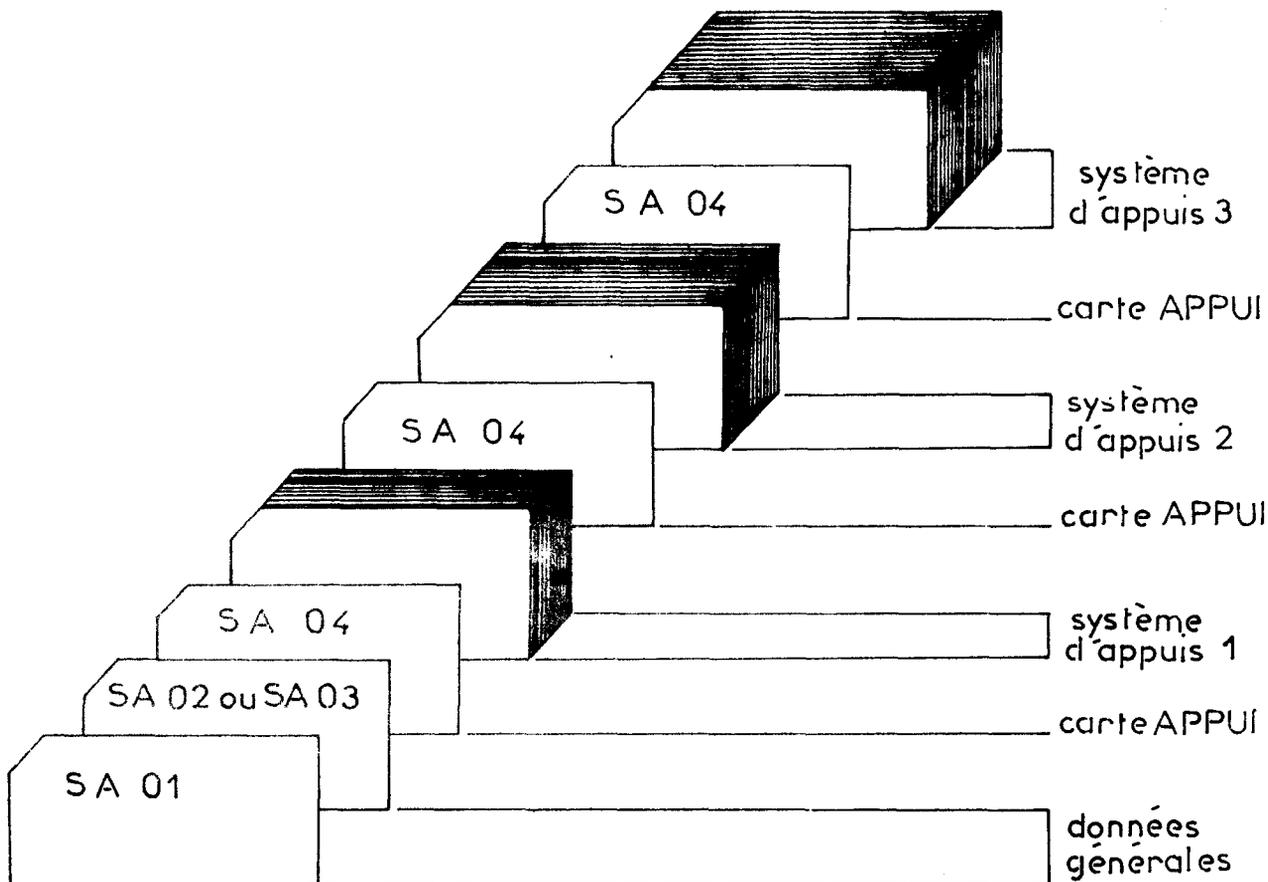


Figure 1 - Données nécessaires au traitement de trois systèmes d'appuis (exemple).

La figure suivante montre la structure du groupe de données relatif à un système d'appuis.

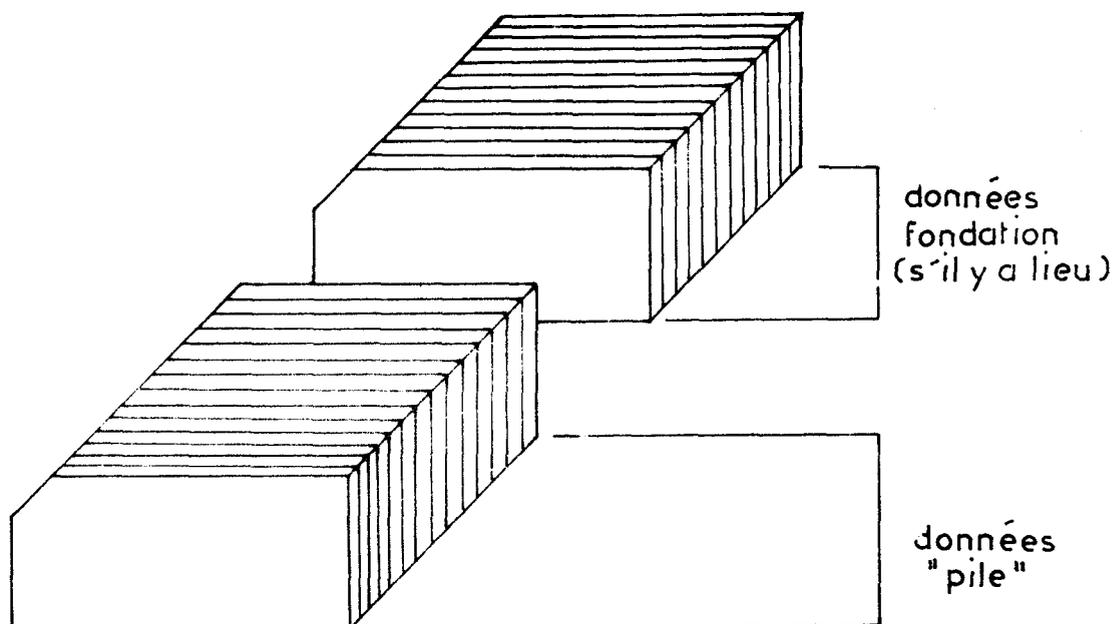


Figure 2 - Données particulières à un système d'appuis.

Toutes les grandeurs sont exprimées dans un système d'unités ayant pour base le mètre et la tonne force.

Les angles sont exprimés en degrés décimaux.

I - DONNEES GENERALES

Ce sont des données relatives à tous les systèmes d'appuis, concernant les modules d'élasticité du béton d'une part et d'autre part les caractéristiques de la file d'appuis "néoprène" "générale". Elles sont facultatives.

Si, et seulement si, des données ne sont pas fournies dans le groupe concernant un système d'appuis particulier, le module prend en compte les valeurs fournies dans les données générales.

Le module indique une erreur et passe au système d'appuis suivant si certaines données ne sont fournies ni dans les données générales ni dans celles particulières à un système d'appuis.

CARTE SA 01 (Bordereau n° 1)

Cette carte, si elle existe, doit toujours figurer la première.

EIB	Module d'Young du béton instantané
EVB	Module d'Young du béton différé
GIB	Module de cisaillement du béton instantané
GVB	Module de cisaillement du béton différé

Si aucune de ces quatre valeurs n'est fournie, le programme indique une erreur, par contre il est possible de n'en fournir qu'une, ou deux, ou trois. Si tel est le cas, le module calculera la (ou les) valeur(s) manquante(s) en supposant que :

$$\frac{GI}{EI} = \frac{GV}{EV} = 0,4$$

et que $\frac{EI}{EV} = \frac{GI}{GV} = 3,0$

Dans certains schémas de structure (voir figure 6), un système d'appuis peut comporter des appareils d'appuis en élastomère fretté.

Ceux-ci se répartissent alors toujours dans un plan horizontal en deux files parallèles comprenant chacune un même nombre d'appareils d'appuis identiques et rectangulaires, comme l'indique la figure 3.

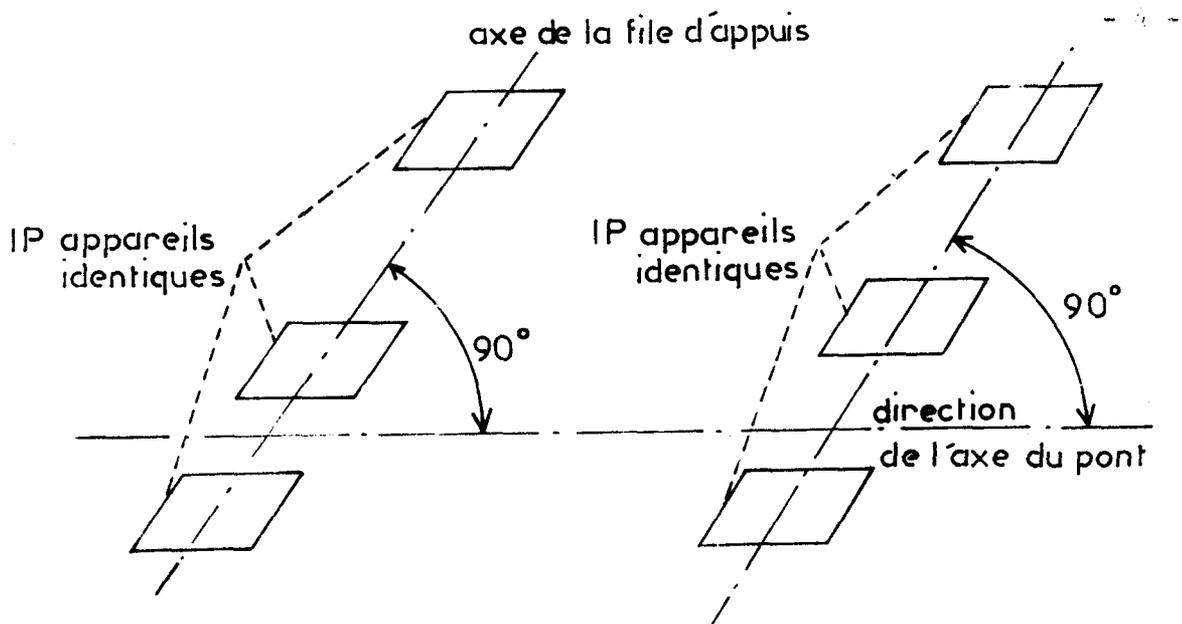


Figure 3 - Disposition des appareils en deux files d'appuis.

Le bordereau n° 2 permet de définir la file d'appuis considérée comme générale ou celle particulière à un système d'appuis. Si la file d'appuis n'est pas définie dans les données générales et si le module a besoin des données correspondantes pour un système d'appuis, il faudra obligatoirement lui fournir ces données dans le groupe relatif au système d'appuis considéré. Que la file d'appuis soit générale ou particulière à un système d'appuis, les données servant à la définir sont les mêmes.

Deux cas se présentent :

- Dans le premier, la file d'appuis se compose de IP appareils d'appuis en élastomère fretté dont la description et les propriétés sont conformes à celles du Bulletin Technique n° 4 (édition 1974). Il faut alors fournir toutes les caractéristiques géométriques d'un appareil d'appui et le module d'élasticité transversal du néoprène.

Le module détermine alors une matrice de rigidité (diagonale) qui lie les efforts au point A' (par exemple) dans le plan $\alpha A' \eta$ (voir la figure 4) aux déplacements de ce point.

$$\begin{pmatrix} M \\ N \\ T \end{pmatrix}_{A'} = \begin{pmatrix} GP & 0 & 0 \\ 0 & GR & 0 \\ 0 & 0 & GQ \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \theta \\ u \\ v \end{pmatrix}_{A'}$$

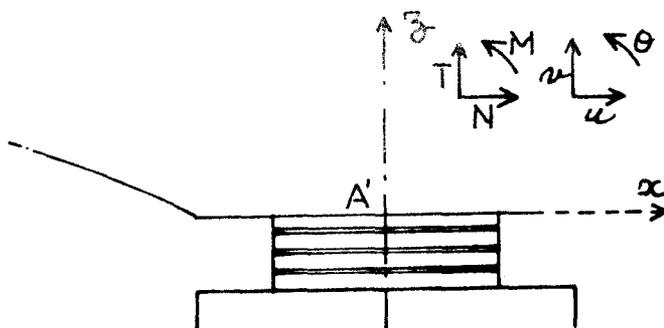


Figure 4 - Coupe d'une file d'appuis suivant le plan moyen de la "pile".

Les trois coefficients GP , GQ et GR sont calculés conformément au E.T.4 (pages 18 à 21).

En réalité il existe une matrice pour les efforts instantanés (indice 1) et une pour les efforts soutenus (indice 2).

$$GP (2) = GP (1) / 2,0$$

$$GQ (2) = GQ (1) / 2,0$$

$$GR (2) = GR (1) / 2,0$$

Ces matrices permettent de remplacer la file d'appuis par une liaison élastique avec un excentrement correspondant à l'épaisseur de l'appareil d'appui.

Dans le deuxième cas, l'utilisateur fournit lui-même les coefficients des matrices définies ci-dessus. Il lui est possible par ce biais d'introduire une liaison élastique quelconque, avec des rapports quelconques entre les termes homologues des matrices correspondant aux efforts instantanés et soutenus.

Dans le premier cas on utilise la carte SA 02 (en barrant la carte SA 03) et dans le second la carte SA 03 (en barrant la carte SA 02).

Dans les deux cas la carte utilisée doit suivre immédiatement la carte SA 01 (si elle existe).

CARTE SA 02

IP Nombre d'appareil(s) d'appui dans une file

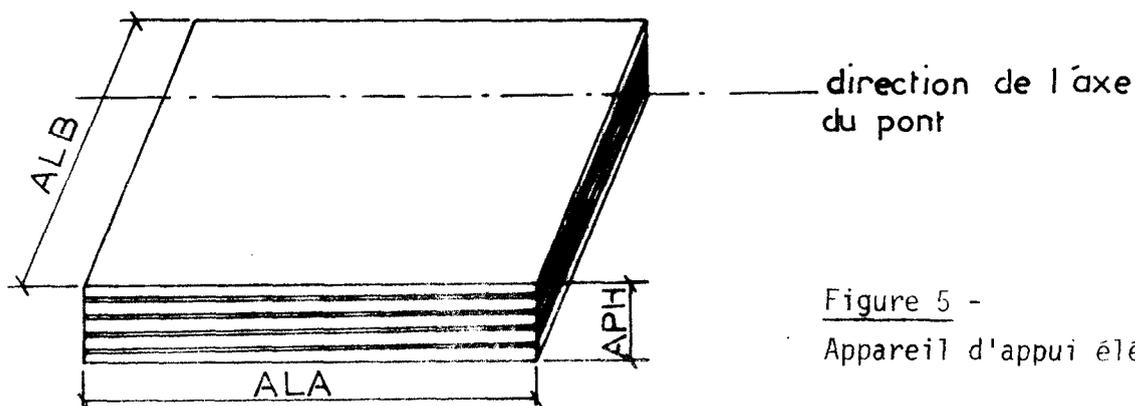


Figure 5 -
Appareil d'appui élémentaire

ALA	Dimension d'un appareil dans la direction de l'axe du pont
ALB	Dimension d'un appareil dans la direction perpendiculaire à l'axe du pont
APH	Hauteur totale d'un appareil d'appui
IN	Nombre de feuillet s d'élastomère
APT	Epaisseur d'un feuillet
AG	Module d'élasticité transversal de l'élastomère (voir page 30 du B.T. 4).

CARTE SA 03

APH	Hauteur totale de l'appareil d'appui, elle peut être nulle si l'on veut introduire une liaison élastique ponctuelle
GP (1)	Coefficient de rigidité à la rotation pour les efforts instantanés
GR (1)	Coefficient de rigidité à la distortion horizontale pour les efforts instantanés
GQ (1)	Coefficient de rigidité au tassement vertical pour les efforts instantanés

Ces 3 coefficients sont relatifs à une file d'appuis.

GP (2) GQ (2) et GR (2) ont mêmes définitions mais pour les efforts soutenus.

On peut ne fournir qu'une valeur pour chacun des trois couples de coefficients ci-dessus.

Le module calculera la valeur manquante en supposant que :

$$\text{Coefficient soutenu} = \text{coefficient instantané} \times 0,5$$

$$\text{Ou} \quad \text{Coefficient instantané} = \text{coefficient soutenu} \times 2,0$$

Les valeurs (instantanée et soutenue) prises en compte pour GP peuvent être nulles sans nuire à la stabilité de la structure.

Par contre la prise en compte de valeurs nulles pour les coefficients GQ et GR n'est pas permise.

II - DONNEES RELATIVES A UN SYSTEME D'APPUIS

II.1 - Données générales pour un système d'appuis :

Chaque groupe de données relatif à un système d'appuis est précédé de la carte suivante obligatoire :

CARTE SA 04 (Bordereau n° 3)

- NA Numéro du système d'appuis (voir la numérotation des systèmes d'appuis dans la pièce n° 2 "Commentaire des bordereaux de données" du dossier V.E.P. 77)
- ITP Indique quel est le type de structure supportée par la semelle de fondation
- 1 Pile dédoublée avec fût et appui néoprène
 - 2 Pile dédoublée avec fût, sans appui néoprène, voiles encastés en haut et en bas
 - 3 Pile dédoublée avec fût, sans appui néoprène, voiles articulés en haut et encastés en bas
 - 4 Pile dédoublée avec fût, sans appui néoprène, voiles encastés en haut et articulés en bas
 - 6 Pile simple munie de deux files d'appuis néoprène
 - 7 Deux piles supportant chacune une file d'appuis néoprène
 - 8 Deux piles encastées sur le tablier
 - 9 Une pile encastée sur le tablier

La figure 6 donne une représentation schématique de chacune de ces structures.

- ITF Indique quel est le type de la fondation (la semelle est unique dans tous les cas)
- 1 Semelle sur pieux
 - 2 Semelle sur sol élastique
 - 3 Semelle sur sol rigide
- IDP Indique si le système d'appuis à étudier est provisoire ou définitif

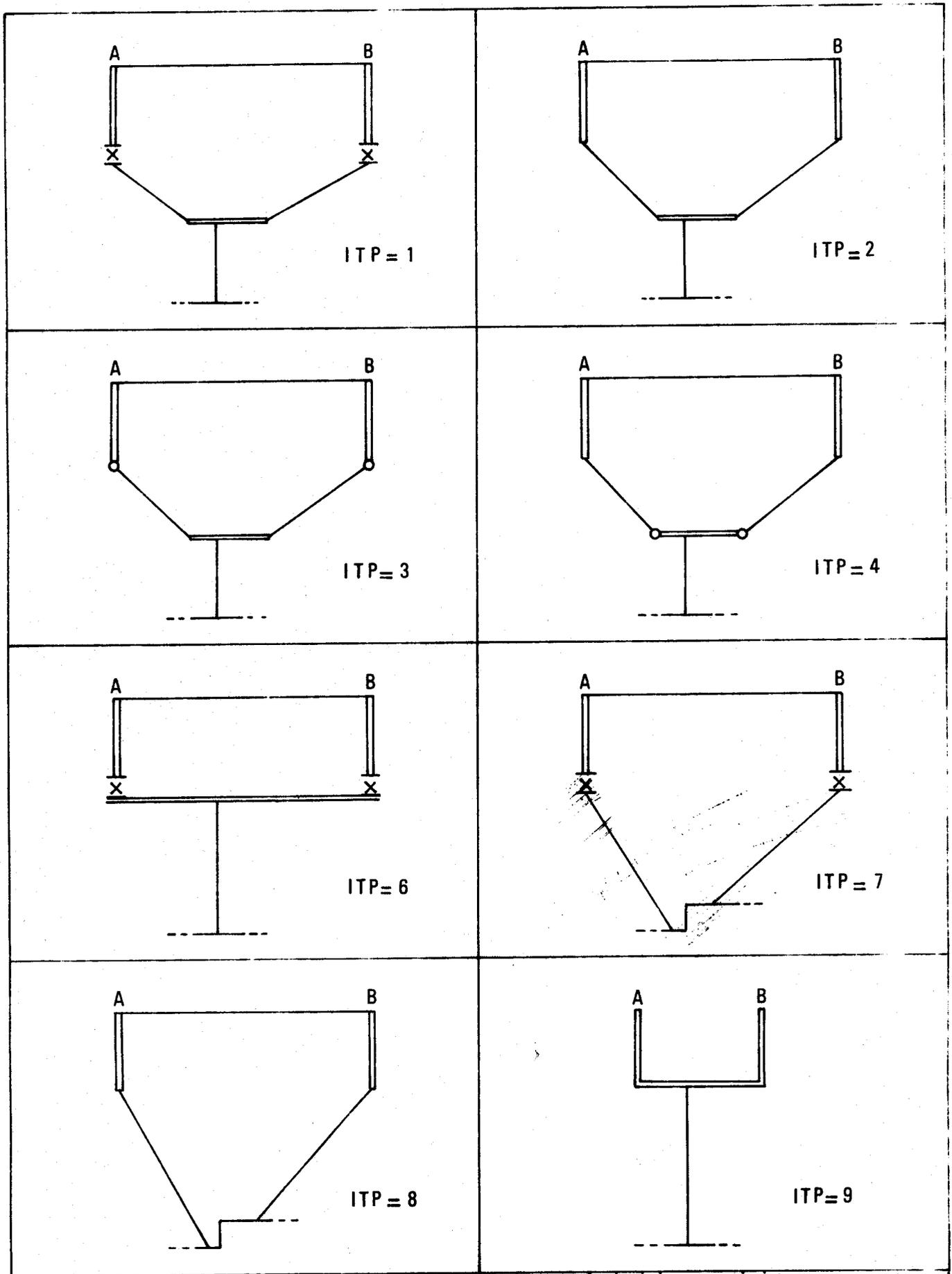


Figure 6 - Valeur de ITP et types de structure.

== partie infiniment rigide (liaison excentree)
X file d'appuis Néoprène
O articulation

- 1 Indique qu'il s'agit d'un système d'appuis provisoires dans ce cas, seuls seront perforés sur cartes les coefficients de souplesse relatifs aux efforts soutenus
- 2 Indique qu'il s'agit d'un système d'appuis définitifs

Les colonnes 13 à 70 de la carte SA 04 reçoivent un identificateur alphanumérique qui sera reproduit sur la note de calculs.

II.2 - Données "Pile".

Si ITP vaut 1,6 ou 7 et si on veut soit définir (ou redéfinir) une file d'appuis néoprène, la première carte sera SA 02 ou SA 03 (selon le mode de description choisi) portant les caractéristiques de la file d'appuis considérée.

Les données suivantes donnent la configuration géométrique de la structure située au-dessus de la semelle de fondation et les caractéristiques des (ou de la) barre(s) qui la compose(nt).

Le groupe de données "pile" s'ordonne conformément à la figure suivante :

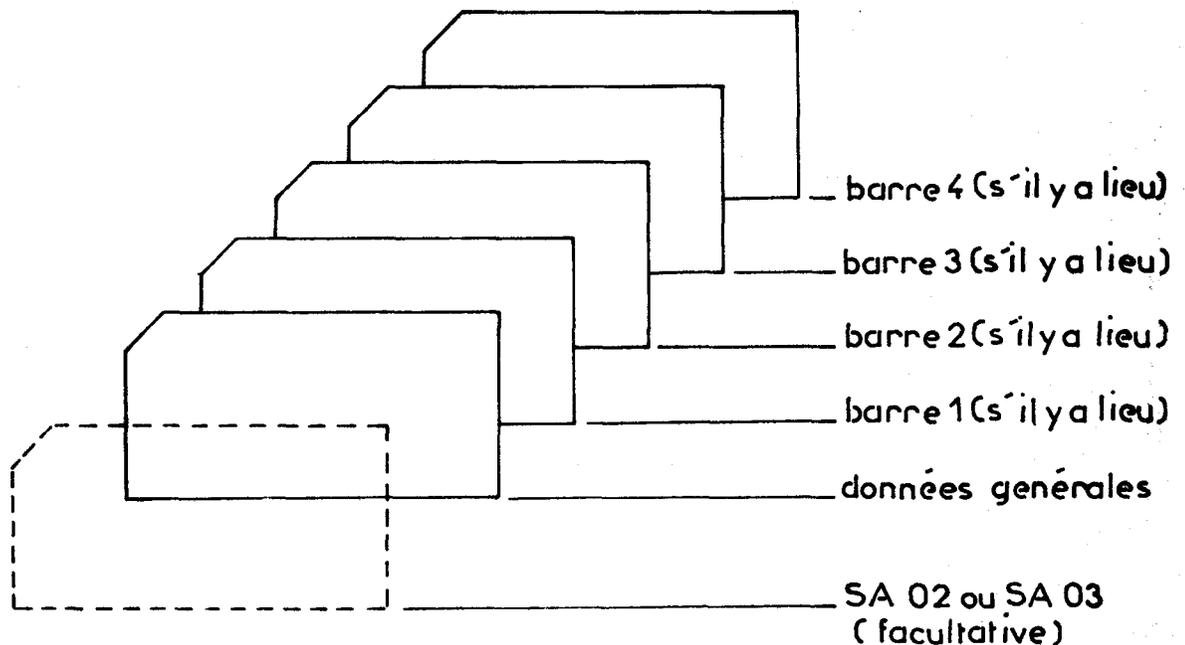


Figure 7 - Données "pile".

Quel que soit le type de structure rencontré, on numérote les barres de 1 à 4 comme l'indique la figure 8.

On doit toujours fournir les caractéristiques des barres dans l'ordre croissant de leurs numéros.

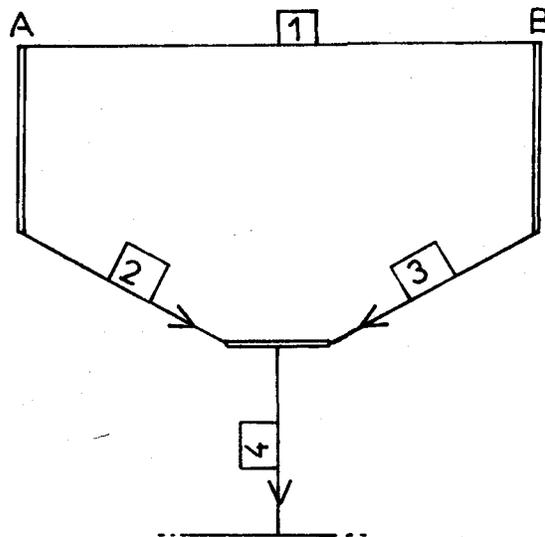


Figure 8 - Numérotation et sens d'orientation des barres.

La figure 8 indique également les sens à respecter pour calculer les coefficients de souplesse a , b et c lorsque les barres sont d'inertie variable.

La barre 1 (tablier) est toujours supposée d'inertie constante.

Les données générales "pile" comprennent une seule carte qui selon la valeur de ITP (carte SA 04) a l'une des quatre formes suivantes (on utilise le bordereau n° 4 en barrant les trois cartes en excédent).

CARTE SA 05

A utiliser lorsque ITP = 1, 2, 3 ou 4 (voir figures 6 et 9).

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

- la portion de tablier est d'axe horizontal et d'inertie constante, les excentremets de liaisons sont donc les mêmes à gauche et à droite (E 1 fig. 9).
- la partie infiniment rigide qui relie les voiles au fût de pile est supposée d'axe horizontal
- l'axe du fût de pile est vertical.

E 1	Distance entre l'intrados et le centre de gravité du tablier au droit de chaque appui du système (cette valeur peut être fournie par le précompilateur)
E 2	Excentrement de la liaison fût de pile - voile gauche (valeur toujours positive)
E 3	Excentrement de la liaison fût de pile - voile droit (valeur positive également)
HP	Hauteur du fût de pile
ES	Epaisseur de la semelle supposée infiniment rigide et horizontale

- FI 1 Angle orienté entre l'axe horizontal et l'axe de la barre 2 (toujours positif)
- FI 2 Même définition pour la barre 3
- HV Hauteur des voiles

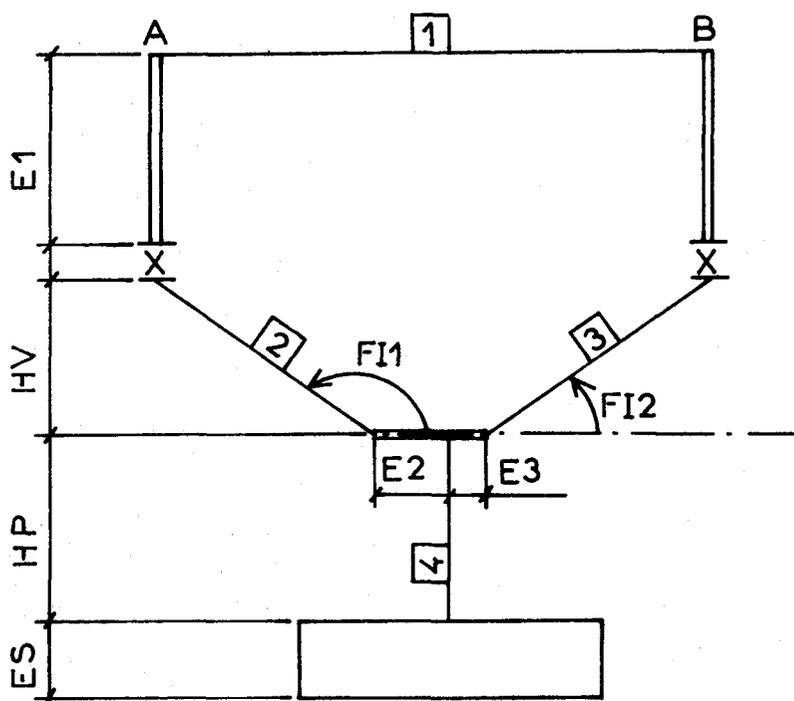


Figure 9 - Données géométriques à fournir pour ITP = 1,2,3 ou 4.

CARTE SA 06

A utiliser lorsque ITP = 6 (voir figures 6 et 10).

On garde toutes les hypothèses précédentes.

E 1, HP et ES gardent les mêmes définitions que pour la carte SA 04.

E 2 représente l'excentrement de la liaison fût de pile - file d'appui(s) de gauche.

E 3 représente celui relatif à la liaison fût de pile - file d'appui(s) de droite.

En réalité, dans ce cas, E 2 et E 3 sont liés à la dimension de la section droite supérieure du fût de pile (figure 10).

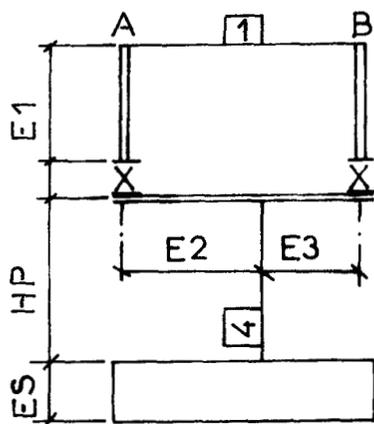


Figure 10 - Données géométriques à fournir pour ITP = 6

CARTE SA 07

A utiliser lorsque ITP = 7 ou 8 (voir figures 6 et 11).

Les hypothèses retenues pour le tablier restent inchangées.

Il est supposé de plus que les deux piles peuvent avoir des hauteurs différentes et que l'abscisse du pied de la pile de droite prise par rapport à une origine quelconque sur un axe horizontal orienté de gauche à droite est supérieure à celle du pied de la pile de gauche.

- E 1 garde la même signification que pour la carte SA 05, il en est de même pour FI 1 et FI 2.
- HV 1 représente la hauteur de la pile de gauche
- HV 2 celle de la pile de droite
- DP est la distance positive qui sépare les axes verticaux qui passent par les pieds de chacune des piles
- HV 3 est la distance verticale séparant la face inférieure de la semelle de la section supérieure de l'une ou l'autre pile

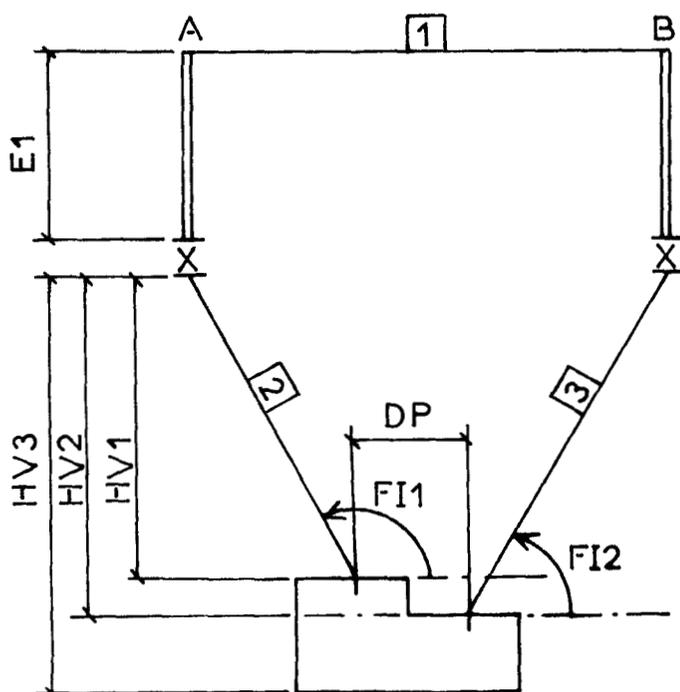


Figure 11 - Données géométriques à fournir pour ITP = 7 ou 8

CARTE SA 08

A utiliser lorsque $ITP = 9$ (voir figures 6 et 12)

Dans ce cas, la portion de tablier liée à la pile est supposée infiniment rigide et elle n'intervient que pour l'excentrement des liaisons.

E 1, HP et E S gardent les mêmes significations que précédemment mais E 2 et E 3 sont liés à l'épaisseur de la pile

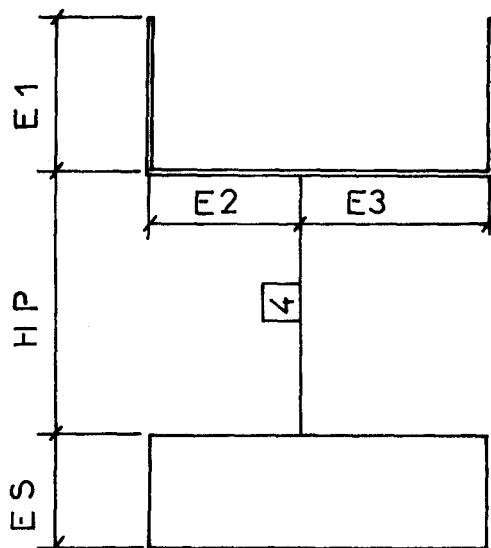


Figure 12 - Données géométriques à fournir pour $ITP = 9$.

Pour les données suivantes, on utilise le bordereau n° 5 à raison d'une carte par barre : carte SA 09 pour l'inertie constante et carte SA 10 pour l'inertie variable, en barrant les cartes non utilisées.

Le tableau suivant indique quelles sont, selon ITP, les numéros des barres dont on doit fournir les caractéristiques et dans quel ordre.

ITP	BARRE 1	BARRE 2	BARRE 3	BARRE 4
1,2,3 ou 4	x	x	x	x
6	x			x
7 ou 8	x	x	x	
9				x

CARTE SA 09

ZI	Inertie de flexion de la barre (s'il s'agit de la barre 1, cette valeur peut être fournie par le précompilateur)
AX	Section droite (même remarque que ci-dessus pour la barre 1)
S 1	Section réduite ; si cette valeur n'est pas fournie, le module néglige pour la barre considérée les déformations dues à l'effort tranchant
EI	Module d'Young instantané du béton constituant la barre
EV	Module d'Young différé
GI	Module de cisaillement instantané
GV	Module de cisaillement différé

Si aucune de ces quatre valeurs n'est fournie, le module prend en compte les caractéristiques supposées données dans la carte SA 01.

Si une ou plusieurs valeurs sont fournies et d'autres non, le module calcule les valeurs manquantes à partir de celles de la carte SA 09 en faisant les mêmes hypothèses que pour les valeurs de la carte SA 01.

CARTE SA 10

Les coefficients contenus dans cette carte sont ceux habituellement utilisés dans la théorie des poutres de M. COURBON.

PA (1) coefficient de souplesse a calculé avec les modules d'élasticité instantanés

$$a = \int_0^l (1 - \frac{x}{l})^2 \frac{dx}{EI} + \frac{1}{l^3} \int_0^l \frac{dx}{G S_1}$$

PB (1) coefficient de souplesse b calculé avec les modules d'élasticité instantanés

$$b = \int_0^l \frac{x(1 - \frac{x}{l})}{l} \frac{dx}{EI} - \frac{1}{l^2} \int_0^l \frac{dx}{G S_1}$$

PC (1) coefficient de souplesse c calculé avec les modules d'élasticité instantanés

$$c = \int_0^l (\frac{x}{l})^2 \frac{dx}{EI} + \frac{1}{l^2} \int_0^l \frac{dx}{G S_1}$$

PD (1) coefficient de souplesse d calculé avec le module d'Young instantané et défini par

$$d = \int_0^l \frac{dx}{ES}$$

Pour calculer ces valeurs, on doit respecter les sens d'orientation définis sur la figure 8.

COEF coefficient qui permet de calculer les valeurs de a , b , c et d soutenues à partir des valeurs instantanées.

coefficient soutenu = coefficient instantané x COEF

Si cette valeur n'est pas fournie, elle est prise par défaut égale à 3,0.

II.3 - Données fondation.

1) Si la fondation est sur pieux, il convient de la définir dans trois dimensions.

Les hypothèses adoptées sont les suivantes :

- Tous les pieux sont soit en acier, soit en béton.
- Ils sont tous fondés à la même profondeur sur une couche supposée indéformable, le module ne s'applique donc pas aux systèmes de pieux dits "flottants".
- Ils sont d'inertie de flexion constante et supposée la même dans toutes les directions.
- Ils sont de section droite et de largeur constantes.
- Le terrain, composé de couches horizontales, exerce une réaction élastique proportionnelle au déplacement perpendiculaire à l'axe de chaque pieu.

Le groupe de données qui définit la fondation sur pieux a la configuration suivante :

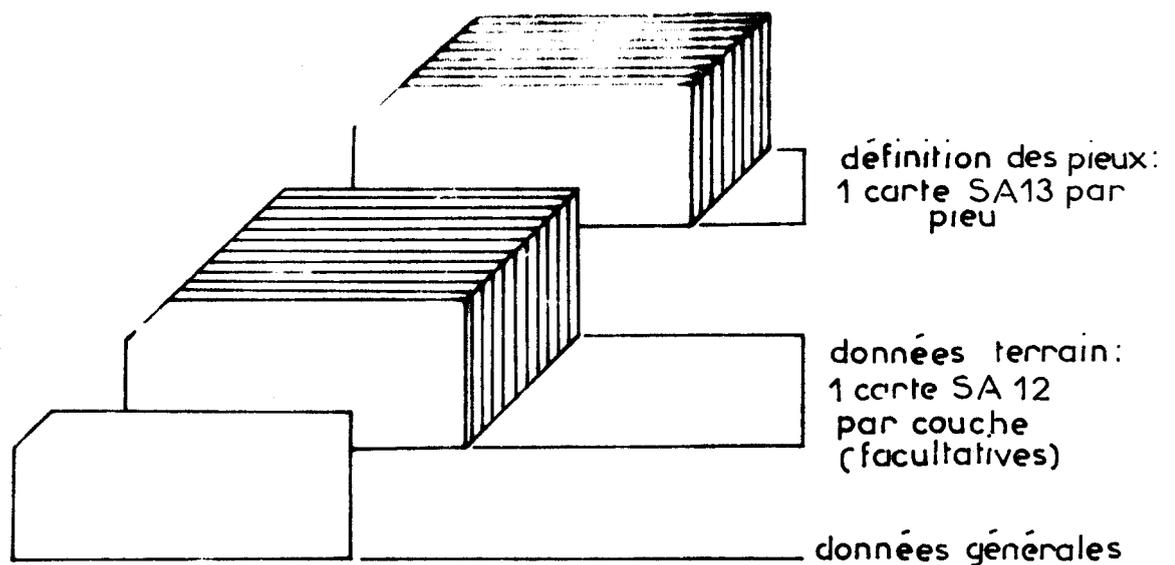


Figure 13 - Données fondation sur pieux.

On utilise le bordereau n° 6 pour fournir les données générales, le bordereau n° 7 à raison d'une carte par couche de sol de fondation (Si NJT \neq 0 sur la carte SA 11, voir plus loin), et le bordereau n° 8 à raison d'une ligne pour décrire chaque pieu.

CARTE SA 11

NPIEU	Nombre total de pieux, il doit être au moins égal à 1 et au plus égal à 20
NJT	Nombre de couche(s) de sol de fondation (voir la description de la carte SA 12)

Si ce nombre est nul, aucune donnée n'est à fournir concernant le sol de fondation.

KTETE	Condition de liaison des pieux sur la semelle :
0	indique que les pieux sont tous articulés en tête
1	indique qu'ils sont tous encastrés en tête
KPIED	Condition de liaison des pieux à leur base :
1	indique que les pieux sont tous libres en pied (dans ce cas, il doit exister au moins une couche de sol réactive assurant la stabilité)
2	indique qu'ils sont tous articulés en pied
3	indique qu'ils sont tous encastrés en pied

H	Hauteur totale de la fondation
AP	Section droite d'un pieu
CJX	Inertie de torsion, si cette valeur n'est pas fournie, le programme néglige les effets de la torsion
CIY	Inertie de flexion
BZ	Largeur d'application d'un pieu sur le sol (diamètre pour un pieu circulaire). Cette valeur intervient pour le calcul de la réaction élastique exercée par le sol
EIP	Module d'Young du béton instantané pour tous les pieux. Laisser en blanc si les pieux sont en acier
EVP	Module d'Young du béton différé pour tous les pieux. Laisser en blanc si les pieux sont en acier

Si une seule de ces deux valeurs est fournie, le programme calcule la seconde soit par

$$EVP = EIP / 3,0$$

soit par

$$EIP = EVP \times 3,0$$

Si aucune de ces deux valeurs n'est donnée et si le module de l'acier n'est pas fourni, le programme suppose que les pieux sont en béton et prend comme modules d'élasticité ceux de la carte SA 01 qui doit alors figurer obligatoirement.

Les déformations dues à l'effort tranchant sont toujours négligées pour les pieux.

EA	Module d'élasticité de l'acier (à ne remplir que si les pieux sont en acier, les cases réservées à EIP et EVP doivent alors rester en blanc).
----	---

CARTE SA 12

On utilise une carte de ce type par couche de sol de fondation.

Il y a donc NJT cartes.

Les couches de sol sont décrites du haut vers le bas sans omission, c'est-à-dire que si l'une d'elles est affouillable ou si ses caractéristiques mécaniques sont très mauvaises, on devra quand même la décrire avec des modules de réaction faibles ou nuls, ni intervention.

HT	Hauteur de la couche La somme de ces hauteurs pour toutes les couches doit correspondre à la hauteur totale de fondation H (carte SA 11)
----	---

RTI Module de réaction normal instantané

RTS Module de réaction normal soutenu

Si aucune des deux valeurs ci-dessus n'est fournie, le module suppose qu'il n'y a pas de réaction de la couche considérée.

Si on ne donne que l'une d'entre elles, le programme calcule la seconde par

$$RTS = 0,5 \times RTI$$

$$\text{ou } RTI = 2,0 \times RTS$$

Sur l'ensemble des couches, il doit au moins en exister une dont la réaction existe.

Ces modules de réaction sont généralement calculés au moyen d'essais pressiométriques (voir chapitre 5.3 page 39 du dossier pilote FOND 72).

α étant un coefficient du sol donné par le tableau page 17, du chapitre 5.2 de ce même dossier, on obtient le module de réaction horizontale pour les puits considérés comme isolés par un abaque de M. L. MENARD (chapitre 5.3, figure 38, page 40).

Cet abaque donne RTI (K) en fonction du paramètre α et du diamètre des puits pour une valeur du module pressiométrique E égale à 100 bars. Pour E \neq 100 bars, on multiplie la valeur lue par le rapport E/100.

CARTE SA 13

On utilise une carte de ce type par pieu à définir.

Il y a donc NPIEU cartes.

Chaque pieu est défini dans un système de coordonnées choisi ainsi :

L'axe GX est l'intersection du plan moyen (vertical) de la structure située au dessus de la semelle de fondation et du plan horizontal représentant la face inférieure de la semelle. Il est orienté de gauche à droite et est parallèle à l'axe du pont.

Le point G est la projection du milieu de AB (A et B représentant respectivement les centres de gravité des sections gauche et droite de la portion de tablier) sur l'axe défini ci-dessus.

L'axe GZ est vertical et orienté vers le bas.

L'axe GY enfin complète le trièdre trirectangle direct.

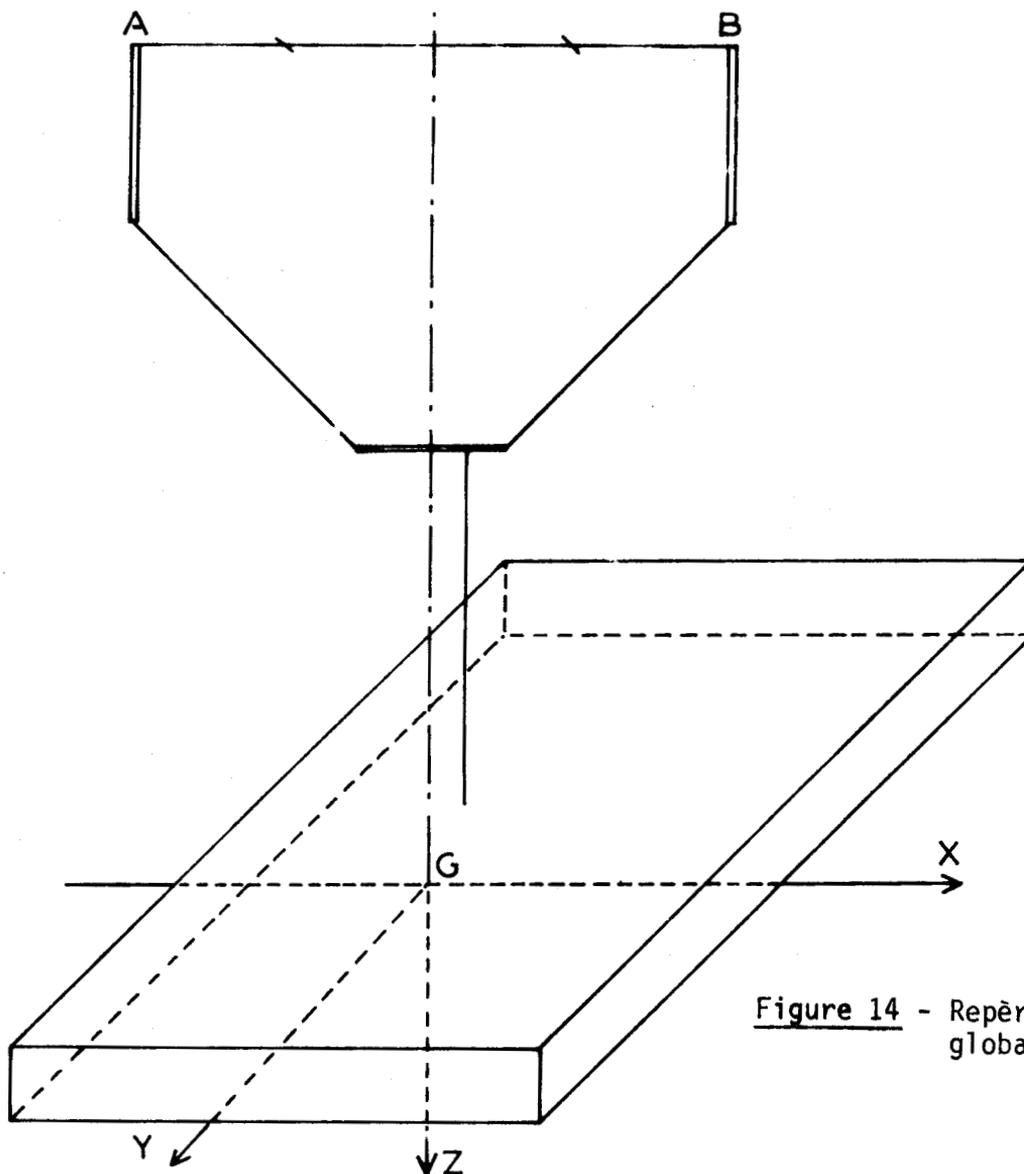


Figure 14 - Repère de coordonnées global.

A chaque pieu est attaché un repère local de coordonnées $(I_{x_i}, I_{y_i}, I_{z_i})$ dont l'origine I est la trace de l'axe du pieu sur le plan GXY.

L'axe I_{z_i} est confondu avec celui du pieu et orienté "vers le bas".

Ce repère local se déduit du repère général de la figure 14 par les transformations suivantes :

- Translation pour amener G en I , ce qui donne le trièdre $IX' Y' Z'$.
- Rotation dans le sens direct du trièdre $IX' Y' Z'$ autour de l'axe IZ' vertical pour amener IX' sur (Δ) - (Δ) est la trace du plan vertical contenant le pieu sur le plan horizontal GXY).

L'angle φ de la rotation est donc positif et compris entre 0° et 360° .

- Rotation dans le sens direct autour du nouvel axe Iy_i pour confondre l'axe IZ' avec l'axe du pieu. Cette rotation est définie par l'angle α que fait l'axe du pieu avec la direction verticale.

α est compris entre 0° et 90° .

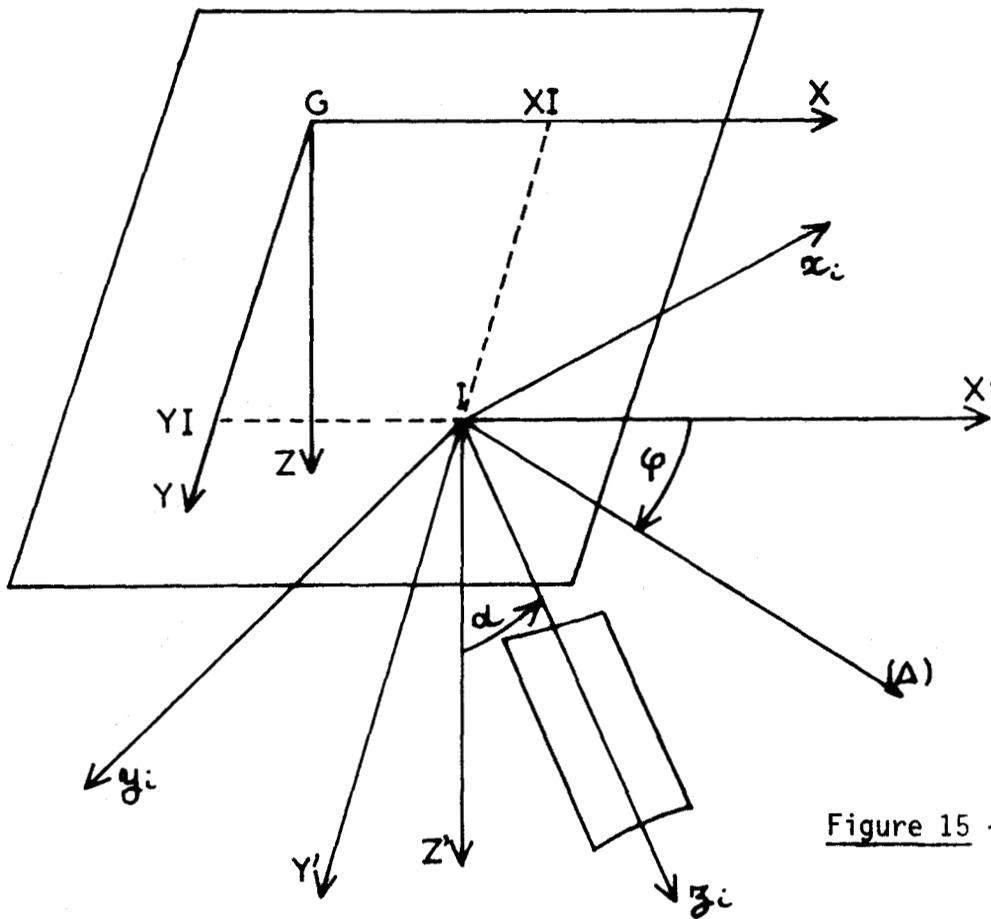


Figure 15 - Repère local de coordonnées.

XI		coordonnées du point I dans le repère GXY
YI		
PHI		angle φ défini ci-dessus
ALPHA		angle α défini ci-dessus
R0		coefficient pondérateur des modules de réaction RTI et RTS qui permet éventuellement de tenir compte de l'effet de groupe.

Ce coefficient est égal à 1 dans le cas où la distance entre pieux est au moins égale à trois fois leur "diamètre". Si c'est le cas, il est inutile de le fournir (valeur prise par défaut).

2) Si la semelle repose sur un sol homogène et élastique, on doit fournir au module les matrices de souplesse (instantanée et soutenue) de la semelle par rapport au point G, (même définition que pour la fondation sur pieux), et définies ainsi dans le plan de la "pile" et dans le repère GXZ (Z vertical et ascendant).

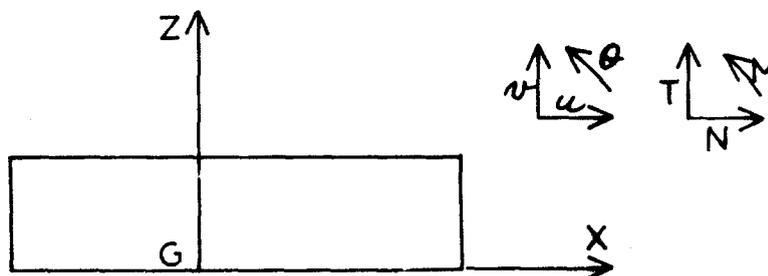


Figure 16 - Coupe de la semelle au niveau du plan de la "pile".

$$\begin{pmatrix} \theta \\ u \\ v \end{pmatrix}_G = \begin{pmatrix} AM & 0 & 0 \\ 0 & BM & 0 \\ 0 & 0 & CM \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} M \\ N \\ T \end{pmatrix}_G$$

CARTE SA 14

- AM (1) Coefficient AM instantané
- BM (1) Coefficient BM instantané
- CM (1) Coefficient CM instantané

AM (2) , BM (2) et CM (2) ont ~~mêmes~~ définitions mais pour les coefficients soutenus.

On peut ne définir qu'une seule valeur de chacun des trois couples de coefficients ci-dessus. Dans ce cas, le programme calculera la valeur manquante en supposant que :

$$\begin{aligned} \text{Coefficient instantané} &= \text{coefficient soutenu} \times 0,5 \\ \text{ou} \quad \text{Coefficient soutenu} &= \text{coefficient instantané} \times 2,0 \end{aligned}$$

En première approximation, on peut admettre que BM est nul ce qui veut dire que la semelle ne se déplace pas sous effort tangentiel.

La figure suivante représente une semelle superficielle enfouie dans le sol (partiellement).

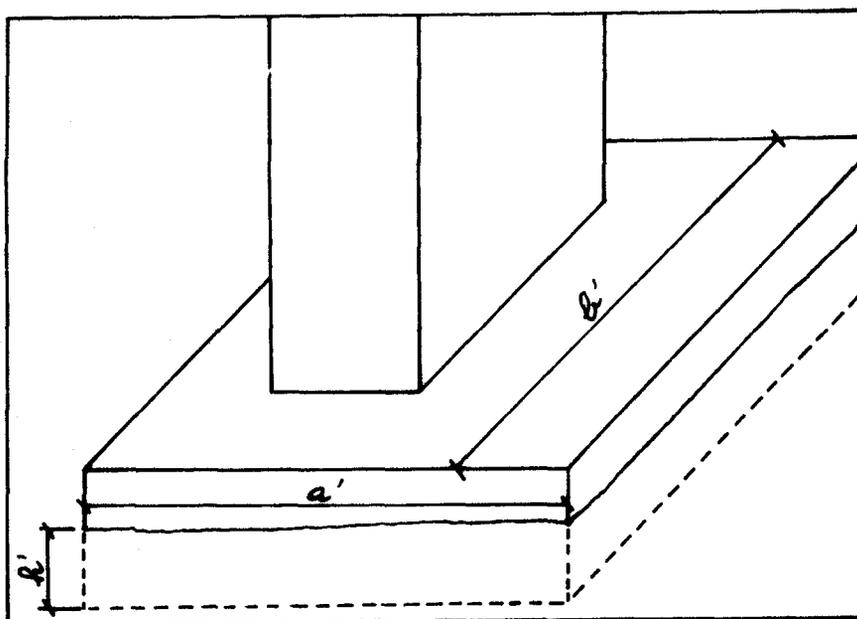


Figure 17 - Semelle superficielle.

La réaction du sol est double :

- réaction verticale caractérisée par un module k_v
- réaction horizontale donnant lieu à un module k_h

On peut admettre que

$$AM = \frac{1}{k_v I_v + k_h I_h}$$

Avec
$$I_v = \frac{b' a'^3}{12}$$

et
$$I_h = \frac{b' h'^3}{3}$$

h' est la hauteur de terrain à prendre en compte qui peut être nulle si on néglige la réaction horizontale.

On peut également supposer que

$$CM = \frac{1}{S \cdot k_v}$$

avec
$$S = a' \cdot b'$$

Dans tous les cas il vaut mieux majorer légèrement la souplesse du massif de fondation ce qui a pour effet d'augmenter les moments en travée. Ceci va dans le sens de la sécurité pour les ponts construits par encorbellements surtout sensibles aux moments positifs importants en travée.

PIECE 6-3

LES CONTRECALQUES DES ORDREUX DE DONNEES
PEUVENT ETRE FOURNIS AUX UTILISATEURS DU
SYSTEME SUR SIMPLE DEMANDE



MODULES D'ÉLASTICITÉ DU BÉTON GÉNÉRAUX

CARTE SA01

6						14						22						30						36																								
B	É	T	O	N	t/m ²											t/m ²											t/m ²											t/m ²										
EIB												EVB												GIB												GVB												



CARACTÉRISTIQUES D'UNE FILE D'APPUIS EN ÉLASTOMÈRE FRETTÉ

CARTE SA02

	9	10	14	18	23	25	30	34
NEOPRENE 1	m		m		m		m	t/m ²
	P	ALA	ALB	APH	IN	APT	AG	

CARTE SA03

	9	14	23	32	41	50	59	68
NEOPRENE 2	m		t/m		t/m		t/m	
	APH	GP(1)	GQ(1)	GR(1)	GP(2)	GQ(2)	GR(2)	

BARRER EN CROIX LA CARTE NON UTILISÉE



DONNÉES GÉNÉRALES PILE(S)

CARTE SA05

6			12			18			24			30			36			42			48		
m			m			m			m			m			dgr.			dgr.			m		
E1			E2			E3			HP			ES			F11			F12			HV		

CARTE SA06

6			12			18			24			30		
m			m			m			m			m		
E1			E2			E3			HP			ES		

CARTE SA07

6			12			18			24			30			36			42		
m			m			m			m			m			dgr.			dgr.		
E1			HV1			HV2			DP			HV3			F11			F12		

CARTE SA08

6			12			18			24			30		
m			m			m			m			m		
E1			E2			E3			HP			ES		

BARRER EN CROIX LES TROIS CARTES NON UTILISÉES



CARACTÉRISTIQUES DES BARRES

CARTE SA09	1	m^4	7	m^2	13	m^2	19	t/m^2	27	t/m^2	35	t/m^2	43	t/m^2	51
		ZI		AX		S1		EI		EV		GI		GV	

CARTE SA10	2	$t^{-1}m^{-1}$	11	$t^{-1}m^{-1}$	21	$t^{-1}m^{-1}$	31	m/t	41	47
		PA(1)		PB(1)		PC(1)		PD(1)		COEF

CARTE SA09	1	m^4	7	m^2	13	m^2	19	t/m^2	27	t/m^2	35	t/m^2	43	t/m^2	51
		ZI		AX		S1		EI		EV		GI		GV	

CARTE SA10	2	$t^{-1}m^{-1}$	11	$t^{-1}m^{-1}$	21	$t^{-1}m^{-1}$	31	m/t	41	47
		PA(1)		PB(1)		PC(1)		PD(1)		COEF

CARTE SA09	1	m^4	7	m^2	13	m^2	19	t/m^2	27	t/m^2	35	t/m^2	43	t/m^2	51
		ZI		AX		S1		EI		EV		GI		GV	

CARTE SA10	2	$t^{-1}m^{-1}$	11	$t^{-1}m^{-1}$	21	$t^{-1}m^{-1}$	31	m/t	41	47
		PA(1)		PB(1)		PC(1)		PD(1)		COEF

CARTE SA09	1	m^4	7	m^2	13	m^2	19	t/m^2	27	t/m^2	35	t/m^2	43	t/m^2	51
		ZI		AX		S1		EI		EV		GI		GV	

CARTE SA10	2	$t^{-1}m^{-1}$	11	$t^{-1}m^{-1}$	21	$t^{-1}m^{-1}$	31	m/t	41	47
		PA(1)		PB(1)		PC(1)		PD(1)		COEF

BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES



DONNÉES GÉNÉRALES FONDATION SUR PIEUX

2	3	4	5	11			16			22			28			32			40			48			57			
					m			m ²			m ⁴			m ⁴			m				t/m ²							t/m ²
PIEU	INJT	KTETE	KPIED	H			AP			CJX			CIY			BZ			EIP			EVP			EA			

CARTE SA11



COEFFICIENTS DE SOUPLESSE DE LA SEMELLE SUR SOL ÉLASTIQUE

10					20					30					40					50					60				
$t^{-1}m^3$					m/t					m/t					$t^{-1}m^3$					m/t					m/t				
AM(1)					BM(1)					CM(1)					AM(2)					BM(2)					CM(2)				

CARTE SA14

PIECE 6-4

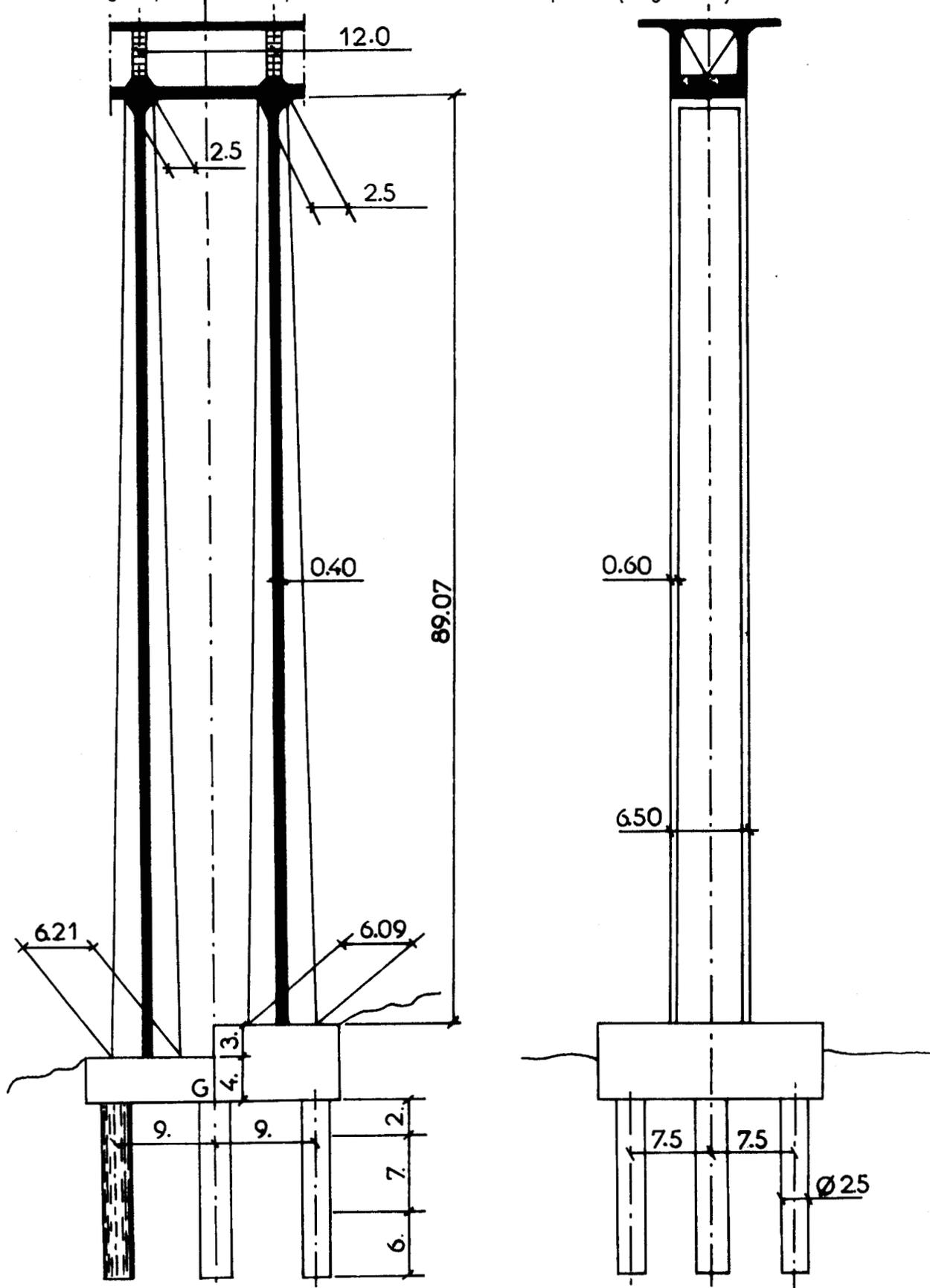
SOUS DOSSIER 6
PIECE 6-4

S Y S T E M E V. E. P.

MODULE APPUIS

- EXEMPLE TRAITE -

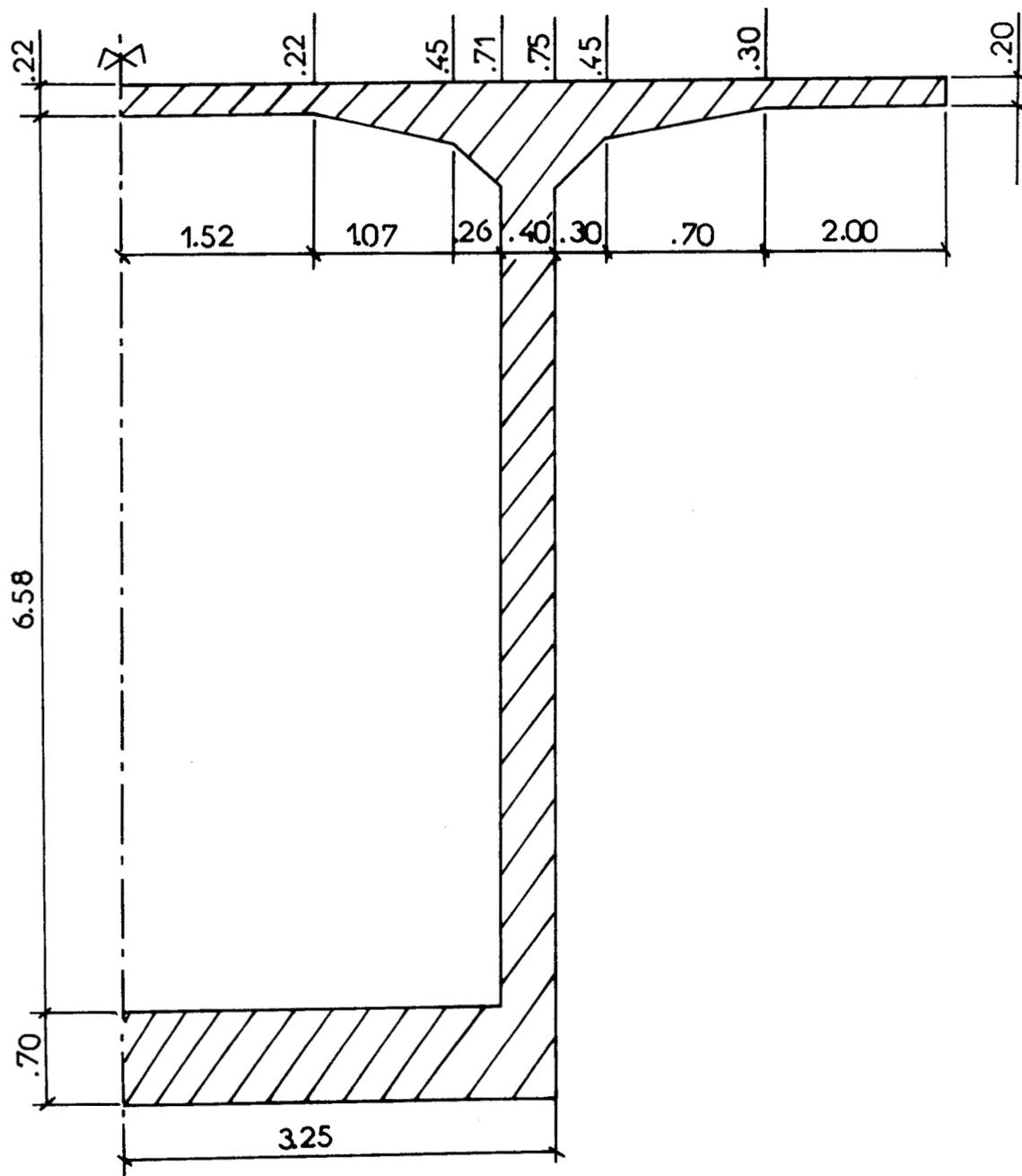
Le système d'appuis définitifs * choisi en exemple comporte deux piles verticales à inertie variable encastrées sur le tablier et sur une semelle qui repose sur un groupe de neuf pieux verticaux identiques (Figure 1).



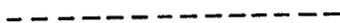
- Figure 1 -

* Voir la pièce n° 4 pour les systèmes d'appuis provisoires.

La figure suivante représente une demi coupe transversale de la portion de tablier comprise entre les deux piles.



- Figure 2 -



I - DONNEES GENERALES :

Nous supposons que les bétons constituant le tablier, les piles et les pieux ont un module d'Young instantané unique.

$$E I B = 3\ 000\ 000$$

Seule cette valeur est fournie sur la carte SA 01.

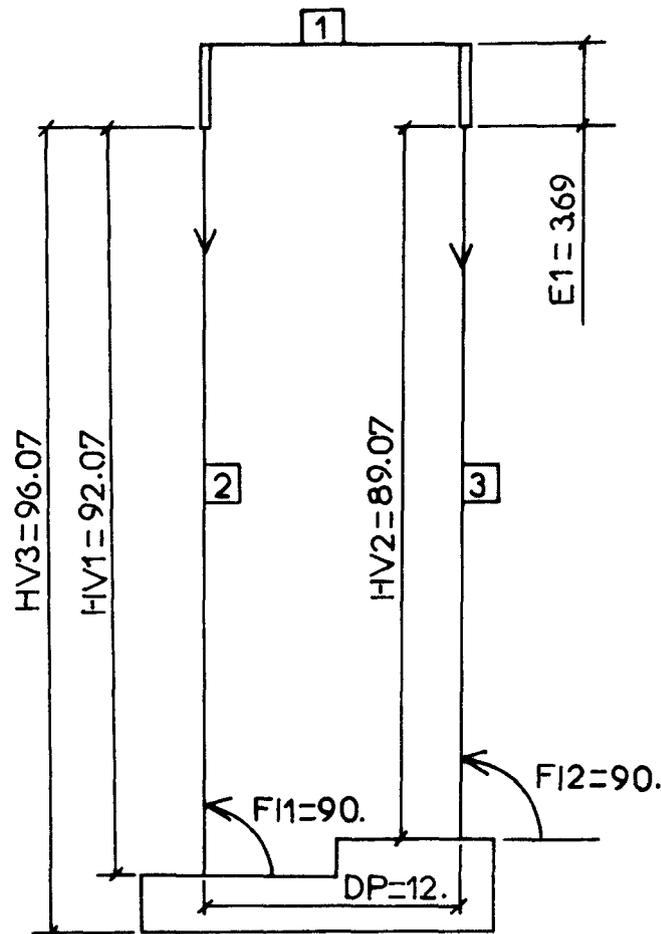
CARTE SA 04

La structure située au-dessus de la semelle de fondation est formée de deux piles encastrées sur le tablier ; donc ITP = 8.

La semelle repose sur pieux dont ITF = 1.

Enfin le système d'appuis étant définitif, IDP vaut 2.

II - DONNEES DEFINISSANT LA STRUCTURE SITUEE AU-DESSUS DE LA SEMELLE :



- Figure 3 -

a) Données générales : (carte SA 07)

Le programme élémentaire NERPOG permet de déterminer les caractéristiques de section brute de la portion de tablier, notamment la position du centre de gravité par rapport à la fibre inférieure : $E I = 3.69$.

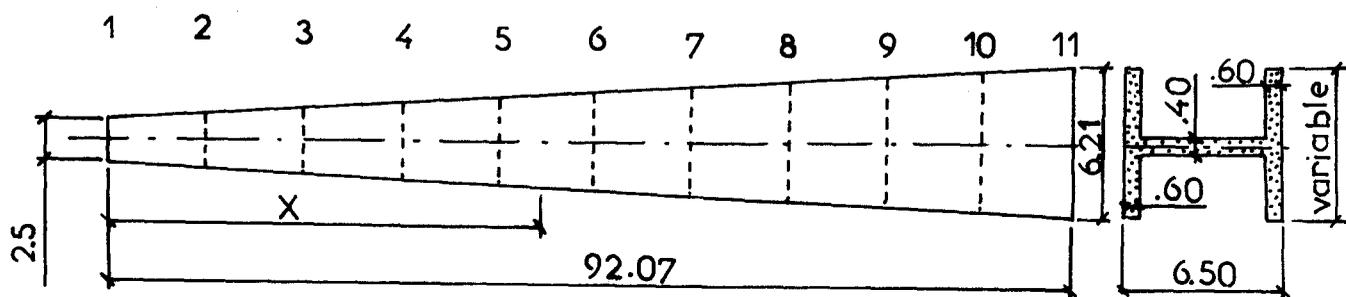
Les autres valeurs se déduisent aisément de la figure 1, elles sont reportées sur la figure 3.

b) Caractéristiques des barres

Tablier : Le programme NERPOG nous donne sa section $AX = 13,56$
et son inertie $ZI = 120,09$

Sa section réduite à l'effort tranchant n'est pas prise en compte.

Pile de gauche: Celle-ci étant d'inertie variable, il est nécessaire de déterminer ses coefficients a, b, c, et d.



- Figure 4 -

Pour ce faire, on divise la poutre en 10 tronçons de même longueur et on calcule manuellement, ou à l'aide du programme NEREC, l'inertie correspondant à chacune des 11 sections ainsi définies.

Section	X	Inertie
1	0,000	1,59077
2	9,207	2,39473
3	18,414	3,43579
4	27,621	4,74460
5	36,828	6,35177
6	46,035	8,28797
7	55,242	10,58380
8	64,449	13,27000
9	73,656	16,37711
10	82,863	19,93570
11	92,070	23,97659

Le programme élémentaire ROTRA nous donne (sans tenir compte de la section réduite à l'effort tranchant)

PA (1) # 0,000003136

PB (1) # 0,000000781

PC (1) # 0,000000803

On peut calculer directement la souplesse à l'effort normal

PD (1) # 0,000004313

Pile de droite :

Section	X	Inertie
1	0,000	1,59077
2	8,907	2,36496
3	17,814	3,36013
4	26,721	4,60399
5	35,628	6,12431
6	44,535	7,94881
7	53,442	10,10520
8	62,349	12,62130
9	71,256	15,52490
10	80,163	18,84351
11	89,070	22,60510

PA (1) # 0,000003084

PB (1) # 0,000000780

PC (1) # 0,000000814

PD (1) # 0,000004208

III - DONNEES DEFINISSANT LE GROUPE DE PIEUX :

a) Données Générales (carte SA 11)

Le nombre total de pieux est $N_{PIEU} = 9$

Le nombre de couches de terrain réactif est $N_{JT} = 3$

Tous les pieux étant supposés encastrés en tête, K_{TETE} vaut 1

Ceux-ci étant supposés articulés en pied, K_{PIED} vaut 2

La hauteur totale de la fondation est $H = 15,0$

La section droite d'un pieu est $AP = 4,9087$

Son inertie de flexion valant $CIY = 1,91748$

La largeur d'application d'un pieu sur le sol équivaut à son diamètre, soit $BZ = 2,50$

b) Définition du sol de fondation (cartes SA 12)

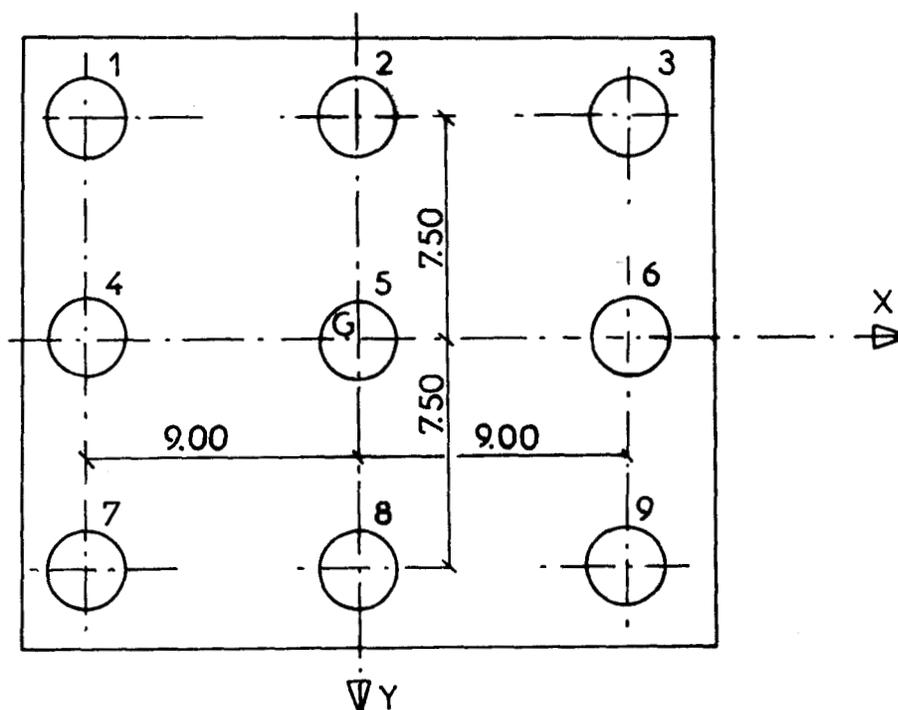
Les trois couches de sol réactif décrites de haut en bas ont les caractéristiques suivantes :

Couche n°	HT	RTI
1	2,00	40,00
2	7,00	100,00
3	6,00	200,00

c) Définition des pieux (cartes SA 13)

Le plan moyen de la pile constitue un plan de symétrie pour le groupe de pieux. Ceux-ci se répartissent également de façon symétrique dans le sens longitudinal.

Dans cet exemple le point G coïncide avec le milieu du pieu central.



- Figure 5 -

On définit les pieux dans l'ordre indiqué par la figure 5, par exemple :

Pieu numéro 1 :

Position de son centre dans le repère GXY

$$XI (1) = - 9,0$$

$$YI (1) = - 7,5$$

L'angle PHI est indifférent car la trace du pieu sur le plan GXY se réduit à un point.

L'angle ALPHA est nul.

Il en est de même pour tous les pieux du groupe, concernant les valeurs de PHI et ALPHA.

Pieu n°	XI	YI
1	- 9,0	- 7,5
2	0,0	- 7,5
3	9,0	- 7,5
4	- 9,0	0,0
5	0,0	0,0
6	9,0	0,0
7	- 9,0	7,5
8	0,0	7,5
9	9,0	7,5

REMARQUE :

Toutes les valeurs qui n'ont pas été fournies sont déterminées par le programme.

MODULES D'ÉLASTICITÉ DU BÉTON GÉNÉRAUX

CARTE SA01

6						14						22						30						38											
B É T O N						t/m ²						t/m ²						t/m ²						t/m ²											
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
EIB						EVB						GIB						GVB																	

DONNÉES GÉNÉRALES PILE(S)

CARTE SA05

		6		12		18		24		30		36		42		48
	m			m		m		m		m		dgr.		dgr.		m
	E1			E2		E3		HP		ES		F11		F12		HV

CARTE SA06

		6		12		18		24		30
	m			m		m		m		m
	E1			E2		E3		HP		ES

CARTE SA07

		6		12		18		24		30		36		42
	m			m		m		m		m		dgr.		dgr.
	3 6 9			9 2 0 7		8 9 0 7		1 2 0 0		9 6 0 7		9 0		9 0
	E1			HV1		HV2		DP		HV3		F11		F12

CARTE SA08

		6		12		18		24		30
	m			m		m		m		m
	E1			E2		E3		HP		ES

BARRER EN CROIX LES TROIS CARTES NON UTILISÉES

DONNÉES GÉNÉRALES FONDATION SUR PIEUX

CARTE SA11

2	3	4	5	11				16				22				28				32				40				48				57			
NPIEU		NJT		KTETE		KPIED		m		m ²		m ⁴		m ⁴		m		t/m ²		t/m ²		t/m ²		t/m ²		t/m ²		t/m ²							
9	3	1	2	1	5	4	9	0	8	7	1	1	9	1	7	4	8	2	5																
				H				AP				CJX				CIY				BZ				EIP				EVP				EA			

CARACTÉRISTIQUES DE(S) COUCHE(S) DE SOL DE FONDATION SUR PIEUX

CARTES SA 12

HT	6 m	RTI	12 t/m ³	RTS	18 t/m ³
2		40			
7		100			
6		200			

BARRER EN CROIX LES CARTES NON UTILISÉES (S'IL Y A LIEU)

BETON 3000000

APPUI 1812 SYSTEME V. E. P. ,MODULE APPUIS, EXEMPLE TEST

369 9207 8907 1200 9607 90 90

1120.091356

2.3136 E-05.781 E-06.803 E-06.4313 E-05

2.3084 E-05.780 E-06.814 E-06.4208 E-05

9312 15 49087 19174825

2 40

7 100

6 200

-9 -75

0 -75

9 -75

-9 0

0 0

9 0

-9 75

0 75

9 75

MODULES D ELASTICITE GENERAUX DU BETON PRIS EN COMPTE (T/M2)

E INSTANTANE = 3000000.0

E SOUTENU = 1000000.0

G INSTANTANE = 1199999.9

G SOUTENU = 400000.0

SYSTEME D APPUIS NUMERO 1

SYSTEME V. E. P. ,MODULE APPUIS, EXEMPLE TEST

DEFINITIF
PILE DOUBLE SANS FUT ET SANS APPLIS NEOPRENE
SEMELLE SUR PIEUX

DONNEES DEFINISSANT LA STRUCTURE SITUEE AU DESSUS DE LA SEMELLE

EXCENTREMENT C. D. G. TABLIER = 3.690 M
 HAUTEUR PILE 2 = 92.070 M
 HAUTEUR PILE 3 = 89.070 M
 DISTANCE ENTRE PIEDS = 12.000 M
 HAUTEUR SEMELLE COMPRISE = 96.070 M
 ANGLE FI1 = 90.000 DEGRE(S)
 ANGLE FI2 = 90.000 DEGRE(S)

CARACTERISTIQUES DE(S) BARRE(S)

TABLIER

INERTIE = 120.0900 M4
 SECTION = 13.5600 M2
 SECTION REDUITE A L EFFORT TRANCHANT = 0.0 M2

MODULES D ELASTICITE PRIS EN COMPTE (T/M2)

EI = 3000000.0 EV = 1000000.0 GI = 1199999.9 GV = 400000.0

BARRE NUMERO 2

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE INSTANTANES FOURNIS (A B ET C , NOTATIONS DE M. COURBON , D SOUPLESSE A L EFFORT NORMAL

A = 0.000003136 T-1M-1 B = 0.000000781 T-1M-1 C = 0.000000803 T-1M-1 D = 0.000004313 M/T

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE SOUTENUS CALCULES

A = 0.000009408 T-1M-1 B = 0.000002343 T-1M-1 C = 0.000002409 T-1M-1 D = 0.000012939 M/T

BARRE NUMERO 3

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE INSTANTANES FOURNIS (A B ET C , NOTATIONS DE M. COURBON , D SOUPLESSE A L EFFORT NORMAL

A = 0.000003084 T-1M-1 B = 0.000000780 T-1M-1 C = 0.000000814 T-1M-1 D = 0.000004208 M/T

COEFFICIENTS DE SOUPLESSE SOUTENUS CALCULES

A = 0.000009252 T-1M-1 B = 0.000002340 T-1M-1 C = 0.000002442 T-1M-1 D = 0.000012624 M/T

DONNEES DEFINISSANT LA FONDATION SUR PIEUX

PIEUX EN BETON
 NOMBRE DE PIEUX 9
 NOMBRE DE COUCHE(S) DE TERRAIN 3
 PIEUX ENCASTRES EN TETE
 PIEUX ARTICULES EN PIED
 HAUTEUR TOTALE DE FONDATION 15.000 M
 SECTION DROITE D UN PIEU 4.9087 M2
 INERTIE DE TORSION 0.0 M4
 INERTIE DE FLEXION 1.91748 M4
 LARGEUR D APPLICATION SUR LE SOL 2.500 M
 MODULES D ELASTICITE PRIS EN COMPTE (T/M2)
 INSTANTANE = 300000.0 SOUTENU = 100000.0

CARACTERISTIQUES DU SOL DE FONDATION

(LES COUCHES SONT DECRITES DE HAUT EN BAS)

COUCHE NUMERO	EPAISSEUR (M)	MODULE LATERAL INSTANTANE (T/M3)	MODULE LATERAL SOUTENU (T/M3)
1	2.000	40.000	20.000
2	7.000	100.000	50.000
3	6.000	200.000	100.000

DEFINITION GEOMETRIQUE DU GROUPE DE PIEUX

PIEU NUMERO	XI (M)	YI (M)	PHI (DEGRES)	ALPHA (DEGRES)	RC
1	-9.000	-7.500	0.0	0.0	1.00
2	0.0	-7.500	0.0	0.0	1.00
3	9.000	-7.500	0.0	0.0	1.00
4	-9.000	0.0	0.0	0.0	1.00
5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
6	9.000	0.0	0.0	0.0	1.00
7	-9.000	7.500	0.0	0.0	1.00
8	0.0	7.500	0.0	0.0	1.00
9	9.000	7.500	0.0	0.0	1.00

C O E F F I C I E N T S I N S T A N T A N E S

0.709230E-07	-.199157D-05	0.151175D-02	-.363990D-06	0.116238D-04	0.445526D-05	1D11
0.544094E-07	-.200279D-05	-.364012D-06	0.709307D-07	-.199154D-05	0.151160E-02	1D12
0.116238E-04	-.200282D-05	0.151174D-02	0.355434D-06	-.113671D-04	0.829728D-07	1D13
0.355455E-06	-.112671D-04	0.435248D-05				1D14

C O E F F I C I E N T S S O U T E N U S

0.212762E-06	-.598017D-05	0.453094D-02	-.109193D-05	0.349041D-04	0.133655D-04	1DS1
0.152221E-06	-.601385D-05	-.109199D-05	0.212785D-06	-.598008E-05	0.453048E-02	1DS2
0.349040E-04	-.601392D-05	0.453091D-02	0.106626D-05	-.341340D-04	0.249174E-06	1DS3
0.106632E-05	-.341339D-04	0.130572D-04				1DS4