

PROGRAMMES DE CALCUL D'OUVRAGES TYPES

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91 ET BPEL 91***

Décembre 1992



Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes



Note de présentation

Les ouvrages types du S.E.T.R.A. ont été présentés dans un document publié en septembre 1979 sous la forme d'une plaquette bilingue français-anglais.

La conception de ces ouvrages a également été exposée dans des guides de conception consacrés à chaque type de structure. Citons parmi ceux-ci :

- Guide de conception des ponts-dalles à nervures, paru en 1981 ;
- Guide de conception des ponts-dalles, paru en 1989 ;
- Guide de conception des ponts-cadres et portiques, à paraître en 1992.

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes de calcul étaient jusqu'à présent conformes à la version 1983 des règles BAEL et BPEL.

Ces dernières ont été récemment mises à jour et leur application a été rendue obligatoire à partir du mois de juillet 1992.

Dans ces conditions, la mise à jour des programmes de calcul d'ouvrages types était devenue urgente. Cette tâche a été accomplie et les programmes, dans leur nouvelle version, sont opérationnels.

Le présent document a pour but de remplacer les guides d'emploi des versions antérieures, en ce qui concerne le calcul des ponts dalles avec ou sans nervures, à savoir les programmes suivants :

- PSIDA-EL pour les ponts-dalles en béton armé ;
- PSIDP-EL pour les ponts-dalles en béton précontraint ;
- MCP-EL pour les ponts-dalles à nervures d'inertie constante ou variable en béton précontraint ;
- MRB-BA pour les ponts-dalles de biais ou de courbure en plan prononcé, en béton armé.

Le programme PICF-EL de calcul des ponts-cadres a déjà été mis à jour vis-à-vis des règles BAEL 91 et a fait l'objet d'un document guide de calcul paru en décembre 1991.

Le programme PIPO-EL de calcul des portiques a été également mis à jour. Cette mise à jour a été effectuée de façon interne au programme sans nécessiter de changement des données. De ce fait, la notice d'emploi actuelle demeure encore utilisable. Signalons au passage que le programme PIPO-EL fait actuellement l'objet d'une refonte dans le but d'une amélioration générale (ergonomie, domaine d'emploi).

Décembre 1992

**PONTS DALLES DE BIAIS PRONONCE
PONTS DALLES COURBES**

PROGRAMME DE CALCUL MRB.BA

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992

**PONTS DALLES DE BIAIS PRONONCE
PONTS DALLES COURBES**

PROGRAMME DE CALCUL MRB.BA

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992

Document réalisé et diffusé par le



SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : (1) 46 11 31 31 - Télécopieur : (1) 46 11 31 69 - Telex 632263

Note de présentation

Les ouvrages types du S.E.T.R.A. ont été présentés dans un document publié en septembre 1979 sous la forme d'une plaquette bilingue français-anglais.

La conception de ces ouvrages a également été exposée dans des guides de conception consacrés à chaque type de structure. Citons parmi ceux-ci :

- Guide de conception des ponts-dalles à nervures, paru en 1981 ;
- Guide de conception des ponts-dalles, paru en 1989 ;
- Guide de conception des ponts-cadres et portiques, à paraître en 1992.

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes de calcul étaient jusqu'à présent conformes à la version 1983 des règles BAEL et BPEL.

Ces dernières ont été récemment mises à jour et leur application a été rendue obligatoire à partir du mois de juillet 1992.

Dans ces conditions, la mise à jour des programmes de calcul d'ouvrages types était devenue urgente. Cette tâche a été accomplie et les programmes, dans leur nouvelle version, sont opérationnels.

Le présent document a pour but d'apporter un guide d'emploi du programme MRB-BA de calcul des ponts dalles en béton armé, de biais ou de courbure en plan prononcé, en béton armé.

Décembre 1992

DEFINITION DE LA BANDE

Définition des tables de référence

LIGNE N°

1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18
					3	6					1
MMAX		LTAB		NFICH		COURBE		IPUNCH		TSOM	
RESERVE AU SETRA											

Caractéristiques géométriques de la barre

LIGNE N°

1	4	5	9	10	14	15	19
m		m		m			m
HDALLE		EDALLE		ESURCH		RC	

Caractéristiques mécaniques de la barre

LIGNE N°

1	3	4	13	14	17	18	22	26	30	34			
0		tm ² /m			+	0							
POISSON		RIGIDITE				CP		PONDER CP EL S		PONDER CV EL S		PONDER CV ELU	S/A

ACTION DE LA CHARGE PERMANENTE

Ne joindre ce bordereau que si CP _ CALCUL (bordereau n°11) = 2

Nombre de rectangles

LIGNE N°

2
IA

Définition des rectangles

LIGNE N°

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

LIGNE N°

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

LIGNE N°

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

LIGNE N°

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

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

MRB . BA

BORDEREAU DES DONNÉES MODIFIÉES

SELON LES REGLES BAEL 91

Le programme MRB.BA selon les règles BAEL 91 est opérationnel. Cette nouvelle version nécessite les modifications suivantes du bordereau des données existant (pièces 1.3 et 1.4 des extraits du dossier MRB.BP 78).

1 - BORDEREAU n°2 BA - DÉFINITION DE LA BANDE

Les lignes n° 3 et 4 restent inchangées.

La ligne n° 5 est modifiée de la façon suivante :

POISSON

Coefficient de POISSON

Porter la valeur 0 pour l'application des règles BAEL 91

RIGIDITÉ

Rigidité de la dalle par mètre

$$= \frac{E_v h^3}{12(1 - \nu^2)}$$

E_v : module de déformation différée du béton.

h : épaisseur totale de la dalle.

ν : coefficient de POISSON.

CP

Densité de la charge permanente (structure + équipements) en t/m^2 .

Il est conseillé de porter ici la valeur nominale maximale de la charge permanente.

PONDER
CP ELS

Coefficient de pondération de la charge permanente dans la combinaison rare aux états-limites de service.

A remplir s'il est différent de 1.

PONDER
CP ELU

Coefficient de pondération de la charge permanente dans la combinaison fondamentale aux états-limites ultimes.

A remplir s'il est différent de 1.35.

PONDER
CV ELS

Coefficient de pondération des charges routières sans caractère particulier dans la combinaison rare aux états-limites de service.

A remplir s'il est différent de 1.20

PONDER
CV ELU

Coefficient de pondération des charges routières sans caractère particulier prises en compte dans la combinaison fondamentale aux états-limites ultimes.

A remplir s'il est différent de 1.60

NFIS

Paramètre définissant l'état-limite d'ouverture des fissures, à savoir :

- = 1, si la fissuration est considérée comme peu préjudiciable.
- = 2, si la fissuration est considérée comme préjudiciable.
- = 3, si la fissuration est considérée comme très préjudiciable.

2 - BORDEREAU n°12 BA - FERRAILLAGE PASSIF HORIZONTAL

Ce bordereau comporte 2 lignes dont la première définit le nombre de systèmes de ferrailage et leurs directions d'armatures.

Les commentaires relatifs à ces données restent inchangés (§ pièce 1.4, pages 28 et 29).

La deuxième ligne définit les caractéristiques de l'acier et du béton utilisés :

NATA	Nature de l'acier
	= 0 si la contrainte limite de l'acier est plafonnée à sa limite d'élasticité garantie f_e .
	= 1 si elle peut atteindre $1.10 f_e$ pour une déformation égale à 10‰
f_e	Limite d'élasticité de l'acier.
	Valeur courante 50000 t/m^2 .
\varnothing	Diamètre moyen des aciers utilisés.
γ_s	Inverse du rapport d'affinité du diagramme déformations-contraintes de l'acier.
	A remplir s'il est différent de 1.15
$\bar{\sigma}_s$	Contrainte limite de l'acier à l'état-limite d'ouverture des fissures (BAEL 91, § A.4.5,3).
f_{c28}	Résistance du béton à la compression à 28 jours.
f_{t28}	Résistance du béton à la traction à 28 jours.
$\theta \cdot \gamma_b$	Produit des coefficients θ et γ_b en vue de déterminer la contrainte-limite du diagramme déformations-contraintes du béton (BAEL 91, § A.4.3.4.)
	A remplir s'il est différent de $0,85 \times 1,50 = 1,275$
χ_b	Coefficient déterminant la compression-limite du béton aux états-limites de service (BAEL 91, § A.4.5,2.).
	A remplir s'il est différent de 0.60

3 - BORDEREAU n°13 BA - CHARGE PERMANENTE

La ligne définissant le nombre de rectangles ne comporte plus la donnée CP (densité des charges permanentes) ; celle-ci est reportée à la ligne n°5.

4 - BORDEREAU n°17 BA - CHARGES RECTANGULAIRES

On ajoute deux données à la ligne définissant la sollicitation introduite sous forme de charges rectangulaires, à savoir :

PONDER ELS	Coefficient de pondération des charges rectangulaires prises en compte dans la combinaison rare aux états-limites de service.
PONDER ELU	Coefficient de pondération des charges rectangulaires prises en compte dans la combinaison fondamentale aux états-limites ultimes.

REGLES BAEL

Comparaison BAEL 83 - BAEL 91

CHAPITRE A.2 : MATERIAUX

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.2.1,11	f_{cj}	$j < 28$ jours	$0,685 f_{c28} \log(j+1)$	$f_{c28} \leq 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $f_{c28} > 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} f_{c28}$
		$j > 28$ jours • cas courants	$f_{cj} = f_{c28}$	$f_{cj} = f_{c28}$
		• pour des bétons non traités thermiquement dont $f_{c28} \leq 40$ MPa et pour des vérifications autres que la résistance des sections.	$f_{cj} = f_{c28}$	$j < 60$ jours $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $j \geq 60$ jours $f_{cj} = 1,10 f_{c28}$
A.2.1,12	f_{ij}	$f_{ij} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$ valable pour	$f_{cj} \leq 40$ MPa	$f_{cj} \leq 60$ MPa
A.2.1,22	Retrait	ϵ_r (en 10^{-4}) selon le climat.	2 France sauf quart sud-est 3 France quart sud-est	1,5 très humide 2 humide (France sauf quart sud-est) 3 sud-est) 4 tempéré sec (France quart sud-est) 5 sud-est) chaud et sec très sec ou désertique
A.2.1,3	Poisson		$\nu = 0,2$ ELS $\nu = 0,0$ ELU	$\nu = 0,0$ sollicitations (ELS et ELU) $\nu = 0,2$ déformations (ELS et ELU)

CHAPITRE A.4 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.4.1,3	poutre en T _e	Largeur de la table de compression	$\frac{\sum \text{portées}}{40} + \frac{2}{3} \text{ distance à l'appui}$	condition supprimée
A.4.3,41	σ_{bc} (ELU)	Introduction de θ fonction de la durée de la combinaison d'actions (ponts-routes < 1h)	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\gamma_b}$	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $\theta = 0,85$ si au moins une durée < 1 h $\theta = 0,90$ si au moins une durée entre 1 et 24 h $\theta = 1,00$ si toutes durées > 24 h
		Réduction de γ_b (combinaisons fondamentales) des pièces massives ou fabriquées en usine avec contrôle interne	γ_b peut être réduit	γ_b peut être réduit à 1,3 pour les justifications du seul article A.4.3
A.4.3,5	Flexion composée	Excentricité pour stabilité de forme	$e = e_1 + e_a + e_2$	$e = e_1 + e_2$ e_1 (premier ordre) inclut e_a (additionnelle)
A.4.4,3	stabilité de forme	Pour une ossature, inclinaison d'ensemble	0,010 rd	0,010 rd si un étage avec charges en haut 0,005 autres cas
A.4.5,3	fissuration (ELS)	Principe de justification		dépend de l'environnement la nature de la structure l'utilisation de l'ouvrage la limite élastique des aciers des expériences analogues
		Définition des cas PP, P, TP		renvoyé en B.2.4 sauf pour les <u>Ponts-routes</u> : peu préjudiciable milieu peu agressif formes simples $f_c \leq 400\text{MPa}$ préjudiciable milieu moyennement agressif ouvrages minces tirants nombreuses reprises très préjudiciable milieu très agressif
		Vocabulaire	peu nuisible	peu préjudiciable
		Fissuration préjudiciable	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_c}{3}, 150 \eta \text{ MPa} \right)$	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_c}{3}, 110 \sqrt{\eta} f_{tj} \text{ MPa} \right)$
		Fissuration très préjudiciable	$\sigma_s = \min (0,5 f_c, 110 \eta \text{ MPa})$	$\sigma_s = \min (0,5 f_c, 90 \sqrt{\eta} f_{tj} \text{ MPa})$
		Coefficient de fissuration	$\eta = 1$	$\eta = 1$
		HA	η fixé par fiche d'identification	$\eta = \begin{cases} 1,6 & \text{pour } \phi \geq 6 \text{ mm} \\ 1,3 & \text{pour } \phi < 6 \text{ mm} \end{cases}$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES

CHAPITRE A.5.1 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS D'EFFORT TRANCHANT

Article			BAEL 83	BAEL 91	
A.5.1,1	pièces comprimées	Pas de vérification si	$\tau_u \leq \min (0,04 f_{cj}, 1,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,06 f_{cj}}{\gamma_b}, 1,5 \text{ MPa} \right)$	
A.5.1,2	charges	Non prise en compte des charges près des appuis pour le calcul : <ul style="list-style-type: none"> • charge négligée jusqu'à $\frac{h}{2}$ • charge $\times \frac{2a}{3h}$ jusqu'à $a=1,5h$ 	des aciers seulement charges réparties charges concentrées	des aciers et du cisaillement toutes charges toutes charges	
		armatures d'âme	$\frac{A_t}{b_0 s_t} =$	$\frac{\tau_u - 0,3 f_{ij} k}{0,8 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$	$\frac{\gamma_b (\tau_u - 0,3 f_{ij} k)}{0,9 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$ avec $f_{ij} \leq 3,3 \text{ MPa}$
	cisaillement	Avec des aciers droits	PP P ou TP	$\tau_u \leq \min (0,13 f_{cj}, 4 \text{ MPa})$ $\tau_u \leq \min (0,10 f_{cj}, 3 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,20 f_{cj}}{\gamma_b}, 5 \text{ MPa} \right)$ $\tau_u \leq \min \left(\frac{0,15 f_{cj}}{\gamma_b}, 4 \text{ MPa} \right)$
		Avec des aciers à 45° ou droits+horizontaux		$\tau_u \leq \min (0,18 f_{cj}, 5,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,27 f_{cj}}{\gamma_b}, 7 \text{ MPa} \right)$ droits+horizontaux recommandés en P et TP
A.5.1,3	appui simple d'about	Pour les appuis de faible longueur	n'existe pas	Superposition de plusieurs bielles, la première reprend au moins $\frac{V_u}{3}$	

ARTICLE A.5.2 : DALLES ET POUTRES-DALLES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.2,2		Pas d'armatures transversales si :	$\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\tau_u \leq \frac{0,07 f_{cj}}{\gamma_b}$
A.5.2,3	charges localisées	Pas d'armatures transversales si : <ul style="list-style-type: none"> • cas général • avec ferrailage horizontal 	$Q_u \leq 0,045 u_c h f_{cj}$	$Q_u \leq \frac{0,045 u_c h f_{cj}}{\gamma_b}$ $Q_u \leq (0,05 + 1,5\rho_1) \frac{d u_c}{\gamma_b} f_{cj}$ avec $\rho_1 = \sqrt{\rho_x \rho_y} \leq 0,015$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES (suite)

ARTICLE A.5.3 : COUTURES D'ATTACHES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.3,1 2	coutures généralisées	Coefficient de frottement	= 1	= 1 si rugosité de 5 mm ≤ 0,6 dans le cas contraire

ARTICLE A.5.4 : TORSION

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.4,3	béton	Cisaillement dû à torsion (τ_t) + tranchant (τ_v) • sections creuses • sections pleines	$\tau_t + \tau_v \leq \tau_{lim}$ $\tau_t + \tau_v \leq \tau_{lim}$	$\tau_t + \tau_v \leq \tau_{lim}$ $\tau_t^2 + \tau_v^2 \leq \tau_{lim}^2$

CHAPITRE A.7 - A.8 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.7.1	enrobages	Enrobage des armatures passives : <ul style="list-style-type: none"> • locaux clos sans condensation • aux intempéries, condensation, liquides • action agressive sur paroi non coffrée • à la mer et atmosphère très agressive 	1 cm 2 cm 3 cm 4 cm	1 cm } 3 cm (2 cm si $f_{c28} > 40$ MPa) 5 cm (3 cm si béton ou aciers protégés)
A.8.2,4	dalles sur appuis continus	Pourcentage minimal d'armatures		l'article A.4.2,1 est reporté en B.7.4 ⇒ n'existe plus pour les ponts
A.8.2,4 2		Ecartement des armatures dans la direction la plus sollicitée : <ul style="list-style-type: none"> • sous charges réparties • sous charges concentrées 	$\leq \min (3 h, 33 \text{ cm})$ $\leq \min (2 h, 22 \text{ cm})$	$\leq \min (3 h, 33 \text{ cm})$ $\leq \min (2 h, 25 \text{ cm})$
A.8.4,1	pressions localisées (ELU)	contrainte de compression admissible <ul style="list-style-type: none"> • rectangles concentriques • surfaces homothétiques 	$\sigma_{bc} = K \frac{f_{cj}}{\gamma_b}$ $K = 1 + \left(3 - \frac{a_0}{a} - \frac{b_0}{b} \right) \sqrt{\left(1 - \frac{a_0}{a} \right) \left(1 - \frac{b_0}{b} \right)}$ $K = 4 - 5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} + 2 \frac{B_0}{B}$	$\sigma_{bc} = K \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $K = 1 + \left[3 - \frac{4}{3} \left(\frac{a_0}{a} + \frac{b_0}{b} \right) \right] + \sqrt{\left(1 - \frac{4a_0}{3a} \right) \left(1 - \frac{4b_0}{3b} \right)} \leq 3,3$ avec $h \geq \frac{a_0 b_0}{a_0 + b_0}$, $\frac{a}{a_0} \geq \frac{4}{3}$, $\frac{b}{b_0} \geq \frac{4}{3}$ $K = 4 - \frac{4}{3} \left(5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} \right) + \frac{4}{3} \left(\frac{8 B_0}{3 B} \right) \leq 3,3$ développé à l'Annexe E.8

ANNEXE B : REGLES APPLICABLES AUX OSSATURES ET ELEMENTS COURANTS

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.1.1	béton	Résistances en fonction des dosages	tableau	tableau inchangé emploi de bétons de résistance supérieure possible si les limites du chapitre A.2 sont respectées
B.1.2	aciers		n'existe pas	emploi d'aciers non homologués possible sous réserve de dérogation motivée
B.2.4	cas de fissuration	En fonction de l'environnement	l'article n'existe pas ces définitions se trouvent en A.5.3	reprend les définitions du BAEL 83 enlevées de l'article A.5.3

CHAPITRE B.6 : PLANCHERS ET POUTRES

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.6.1,2 2	combinaisons pour planchers	coefficients ψ_0 : • cas courants • spectacles, archives, parcs...	$1,3\psi_0 = 1 \Leftrightarrow \psi_0 = 0,77$ $1,3\psi_0 = 1,3 \Leftrightarrow \psi_0 = 1$	$\psi_0 = 0,77$ $\psi_0 = 0,9$
B.6.4	non-fragilité	Vérification	obligatoire	inutile si aciers de flexion majorés de 20%
B.6.5,2	flèches	Moment d'inertie fictif Flèches • cas général • consoles	$I_f = \frac{I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{10 E I_f} \right)$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{4 E I_f} \right)$	$I_f = \frac{1,1 I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{M l^2}{10 E I_f}$ $f = \frac{M l^2}{4 E I_f}$
B.6.6,2	armatures de peau	S'applique aux poutres de $\left\{ \begin{array}{l} \text{portées} < 25 \text{ m} \\ b_p > 0,15 \text{ m} \end{array} \right.$ PP P TP	n'existe pas \Rightarrow A.8.3 et A.4.5,34 3 cm ² /m (A.8.3) 3 cm ² /m (A.8.3) 5 cm ² /m (A.4.5,34)	pas de justification 1 cm ² /m 5 cm ² /m (A.4.5,34)
B.6.7,1	poutres secondaires et nervures	Pas d'armatures transversales si Longueur en cause • poutres secondaires • nervures croisées	$\left\{ \begin{array}{l} \tau_u \leq 0,025 f_{c28} \\ \text{hauteur totale} \leq 0,40 \text{ m} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{array} \right.$ moitié centrale moitié centrale	$\left\{ \begin{array}{l} \tau_u \leq 0,030 f_{c28} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{array} \right.$ max (0,5 L , L - 4 h) toute
B.6.7,2	planchers à charge modérée	liaison table-nervure • pas de vérification des aciers si • distribution uniforme du glissement si	$\tau_u \leq 0,25 f_{cj}$ $\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\left\{ \begin{array}{l} \tau \leq 0,050 f_{cj} \text{ sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,025 f_{cj} \text{ avec reprise verticale} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} \tau \leq 0,10 f_{cj} \text{ sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,05 f_{cj} \text{ avec reprise verticale} \end{array} \right.$
B.6.8,3	poutres supportant des murs	ELU : compression maxi des voûtes de décharges • maçonnerie • béton	2 MPa $\frac{f_{c28}}{3}$	2 MPa $\frac{f_{c28}}{2}$ en PP ou P, $\frac{f_{c28}}{3}$ en TP
B.6.8,5	méthode du treillis		n'existe pas	inclinaison des bielles au choix mais $\geq 30^\circ$

CHAPITRE B.7 : DALLES SUR APPUIS CONTINUS (ne concerne pas les ponts)

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.7.4	pourcentage minimal		ces pourcentages se trouvent en A.8.2,41	reprend l'article A.8.2,41 du BAEL 83

ANNEXE E.8 : PRESSIONS LOCALISEES

Article			BAEL 83	BAEL 91
E.8			cette annexe n'existe pas	développe l'article A.8.4

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes ont récemment été mis à jour conformément aux nouvelles règles BAEL et BPEL dont l'application est rendue obligatoire à partir de juillet 1992.

Le présent document constitue un guide d'emploi du programme MRB-BA pour les ponts-dalles de biais ou de courbure en plan prononcé, en béton armé.

The calculation of standard bridges is widely easier in using S.E.T.R.A.'s computer programs.

These programs were recently updated according to the latest BAEL (Reinforced concrete at limit states) and BPEL (Prestressed concrete at limit states) regulations which became mandatory in July 1992.

The present document is a user's guide to the program MRB-BA for reinforced concrete slab decks with high skew or curve in plan.

PONTS DALLES EN BETON ARME

PROGRAMME DE CALCUL PSIDA.EL

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992

PONTS DALLES EN BETON ARME

PROGRAMME DE CALCUL PSIDA.EL

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992

Document réalisé et diffusé par le



SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : (1) 46 11 31 31 - Télécopieur : (1) 46 11 31 69 - Telex 632263

Note de présentation

Les ouvrages types du S.E.T.R.A. ont été présentés dans un document publié en septembre 1979 sous la forme d'une plaquette bilingue français-anglais.

La conception de ces ouvrages a également été exposée dans des guides de conception consacrés à chaque type de structure. Citons parmi ceux-ci :

- Guide de conception des ponts-dalles à nervures, paru en 1981 ;
- Guide de conception des ponts-dalles, paru en 1989 ;
- Guide de conception des ponts-cadres et portiques, à paraître en 1992.

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes de calcul étaient jusqu'à présent conformes à la version 1983 des règles BAEL et BPEL.

Ces dernières ont été récemment mises à jour et leur application a été rendue obligatoire à partir du mois de juillet 1992.

Dans ces conditions, la mise à jour des programmes de calcul d'ouvrages types était devenue urgente. Cette tâche a été accomplie et les programmes, dans leur nouvelle version, sont opérationnels.

Le présent document a pour but d'apporter un guide d'emploi du programme PSIDA-EL de calcul des ponts dalles en béton armé.

Décembre 1992

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

B - CARTES GENERALISANT LES CHARGES

(CAS DE CHARGES NON CONFORMES AU FASCICULE 61 - TITRE II)

B1	N	CAMNES	TYRES	ES AV	ES AR	LONG ENC	LARG ENC	LARG ES	DYNA	DYNAM	CDTB(1)	CDTB(2)	CDTB(3)	CDTB(4)	CDTB(5)	CDTB(6)	← Seulem si chiffre des centaines de B = 1
		0	0	0	0				0,0		1						
B2	ABESS 1	POESS 1	ABESS 2	POESS 2	ABESS 3	POESS 3	ABESS 4	POESS 4	ABESS 5	POESS 5	ABESS 6	POESS 6					
	m	t	m	t	m	t	m	t	m	t	m	t					
B3	PAS	A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	L VOIE	CDTA(1)	CDTA(2)	CDTA(3)	CDTA(4)	CDTA(5)	CDTA(6)	← Seulem si chiffre des centaines de A = 1			
	m	U/m ²		1													
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE							
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE							
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE							
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE							

Rappel : Les clés A,B,C_E sont définies à la ligne A8

Seulem si chiffre des centaines de C_E > 1 remplir un nombre de ligne B4 egal à ce chiffre

C - CARTES BA GENERALISEES

Rappel: les clés GENRE , BA sont définies à la ligne A9

C1	Xb	$\bar{\sigma}_{s1}$ t/m ²	$\bar{\sigma}_{s2}$ t/m ²	$\bar{\sigma}_{s3}$ t/m ²	$\bar{\sigma}_{s4}$ t/m ²	← Seulem si le chiffre des unités de GENRE = 1												
C2	Y _{QC} ETAT-LIMITE DE SERVICE				Y _{QC ULTIME}		Y _{QC ULTIME}											
	COEFCA	COEFCB	COEFCM	COEFC _T	Y _{F3}	Y _{F1G max}	Y _{F1G min}	Y _{QCA}	Y _{QCB}	Y _{QCM}	Y _{QT}	Y _s	Y _D	θ _{min}	θ _{max}	ε _s	ε _{bc 2}	ε _{bc 3}
																0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
C3	E _v t/m ²	ε _v /ε _v	n	← Seulem si le chiffre des unités de BA = 1	← Seulem si le chiffre des centaines de BA = 1													
	0																	

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

BORDEREAU DES DONNÉES COMMENTÉ

1 - Les unités employées dans la présente version sont le mètre (longueurs) et la tonne-force (forces). Les contraintes sont exprimées en tonnes-forces par mètre carré. La correspondance avec les unités légales est la suivante :

$$100 \text{ tf/m}^2 = 10 \text{ Kgf/cm}^2 = 9,8 \text{ bars} = 0,98 \text{ MPa}$$

2 - Les données tramées sur le bordereau des données ne sont à remplir ou à modifier que dans les cas particuliers d'emploi du programme automatique. L'utilisateur devra, en ces cas, surcharger la valeur standard préimprimée sur le bordereau des données.

3 - On désigne dans ce texte :

D.C.79 : Directives Communes relatives au calcul des constructions de 1979.

F.61,II : fascicule 61, titre II du C.C.T.G. relatif au règlement français de charges sur ponts-routes.

BAEL : règles de calcul françaises de béton armé aux états limites.

4 - Le schéma ci-dessous illustre la composition du bordereau des données :

LIGNES A

Données générales

Les 13 lignes A sont obligatoires dans tous les cas.

LIGNES B

Charges généralisées

Lignes optionnelles (fonction des données A,B et CE) de 1 à 7 lignes selon les cas de charges généralisées.

LIGNES C

BA généralisées

Lignes optionnelles.

NOTICE EXPLICATIVE DES DONNÉES

LIGNES A1 et A2

Titre de l'ouvrage à calculer pour sa localisation.

LIGNE A3

Exécution des calculs.

Porter généralement 1 dans toutes les cases de la ligne A3 pour demander l'exécution des calculs correspondants ;

Porter TASMMENT = 2 dans le cas où les tassements sont à prendre en compte dans les justifications aux différents états limites. Remplir en ce cas la ligne A12.

LIGNINF*	Calculs des équations des lignes d'influence des moments fléchissants, efforts tranchants et réactions d'appui.
EXCENTR	1 : Calcul des coefficients correctifs de répartition transversale selon la méthode de GUYON et MASSONNET. 0 : Le programme utilise les coefficients de répartition transversale lus à la ligne A8.
MOMENT	Calcul des courbes enveloppes des moments longitudinaux.
EFTRAN	Calcul des efforts tranchants extrêmes sur appuis.
RÉAPPUI	Calcul des réactions d'appui globales extrêmes par appui.
MOTRAN	Calcul des moments de flexion transversale (selon la méthode de GUYON et MASSONNET).
TASMMENT	0 : Pas de calculs 1 : Calcul des moments et réactions sur appuis dus à des dénivellations d'appui unitaires de 1 cm. 2 : En plus, la sécurité vis-à-vis des tassements d'appui introduits en ligne A12 est étudiée. Les sollicitations dues aux tassements probables (ou zéro), considérés comme actions de longue durée, sont prises en compte dans l'étude aux états-limites de service. Les sollicitations dues aux tassements probables et aléatoires sont prises en compte dans l'étude aux états-limites ultimes.
DIMAP	Dimensionnement des appareils d'appui. Calcul des chevêtres.
FERLON	Calcul du ferrailage longitudinal.
FERTRAN	Calcul du ferrailage transversal.
ÉTRIERS	Sécurité vis-à-vis du cisaillement à l'effort tranchant général.

* Le programme optimise l'épaisseur de la dalle. Si l'on veut conserver l'épaisseur HDALLE 1 (ligne A7, mettre 2 à la colonne LIGNINF

POINÇON	Cisaillement de poinçonnement aux environs des appuis concentrés.
DÉFORM	Calcul des déformations probables du tablier (flèches et rotations).
AVANT-MÉTRÉ	Avant-métré récapitulatif (béton, coffrages, aciers).
P.P.	Tableau récapitulatif des résultats du programme PSI.DA utilisables en données pour le programme P.P. (Piles et Palées).
DESSIN	Cette donnée commande l'exécution du dessin automatique du ferrailage, uniquement dans le cas où le ferrailage transversal est parallèle aux lignes d'appui.

LIGNE A4

IMPRESSION DES RÉSULTATS

Chaque symbole a la même signification que sur la ligne A3 et commande l'impression des résultats.

0 : Seule l'impression des résultats essentiels est assurée.

1 : Les résultats intermédiaires de calcul sont également fournis.

Porter normalement les mêmes chiffres que sur la ligne A3 dans les cases LIGNINF, EXCENTR, MOMENT, MOTRAN de la ligne A4 pour permettre la vérification de la note de calcul.

Rappel : Les données tramées du bordereau des données sont à remplir ou à modifier seulement dans les cas particuliers d'emploi du programme.

LIGNE A5

PROFIL EN LONG DE L'OUVRAGE

(cf. dessins joints)

NT	Nombre de travées
BIAIS	Biais géométrique moyen de l'ouvrage (angle en grades entre ses lignes d'appui et son axe longitudinal).
ABOUT	Longueur biaisée d'about sur appuis extrêmes (distance mesurée suivant l'axe de l'ouvrage entre la ligne d'appui de rive et l'about de la dalle).
D ₁ ...D ₆	Portées biaisées des travées successives. Les remplir toutes, même si l'ouvrage est symétrique.

LIGNE A6

PROFIL EN TRAVERS DE L'OUVRAGE

(cf. dessins joints)

NVOIE	Nombre de voies de circulation. N'est à remplir que si le nombre de voies est différent de celui qui résulte de l'application de l'article 2.2 du fascicule 61,II. Exemple : Chaussée de 9 m avec deux voies de circulation seulement ; chaussée bidirectionnelle avec séparateur central.
ETROTG	Largeur utile du trottoir de gauche. Pour un passage inférieur : largeur droite de la bande non chargée située à gauche de la glissière de sécurité de gauche (glissière côté terre-plein central).

EGAU	Lorsqu'il existe un dispositif de retenue (glissière ou barrière), largeur de la bande non chargeable côté chaussée, le long du dispositif de retenue (0,50 m) ; sinon porter 0.
ESURCH	Largeur chargeable, telle qu'elle est définie par l'article 2 du titre II du fascicule 61.
EDROI	Lorsqu'il existe un dispositif de retenue (glissière ou barrière), largeur de la bande non chargeable côté chaussée, le long du dispositif de retenue (0,50 m) ; sinon porter 0.
ETROTD	Largeur utile du trottoir de droite. Pour un passage inférieur : Largeur droite de la bande non chargée située à droite de la glissière de sécurité de droite.
HCHAU	Épaisseur moyenne de béton équivalent au renformis (éventuel), à la chape et à la chaussée.
SYMTAB	Symétrie transversale du profil en travers. Porter 1 si ETROTG = ETROTD et EGAU = EDROI - Porter 0 dans les autres cas. (cf. dessins).
DISEXT	Distance de l'axe mécanique à l'axe géométrique de l'extrados de la dalle.
DISINT	Distance de l'axe mécanique à l'axe géométrique de l'intrados de la dalle.
NF	Donnée relative aux fibres étudiées pour la flexion transversale. 1 : Les calculs sont effectués pour la fibre 1, axe mécanique de la dalle. 2 : Les calculs sont effectués pour la fibre 1, et pour les fibres 2 et 3 à $\pm EDALLE/4$ de l'axe mécanique de la dalle. 3 : Les calculs sont effectués pour la fibre 1, les fibres 2 et 3 et les fibres 4 et 5 à $\pm 3 EDALLE/8$ de l'axe mécanique de la dalle.
YY(2) YY(3) YY(4) YY(5)	Normalement porter 0. Des valeurs différentes de 0 seront à porter pour certains profils d'ouvrages exceptionnels : ponts plus larges qu'un pont normal d'autoroute, profils en travers plus dissymétriques qu'un tablier de P.I., largeurs de trottoirs très faibles.

Si YY(2) \neq 0, les coefficients K de répartition transversale seront étudiés pour les fibres 1 (bord gauche du trottoir gauche), et les fibres 2, 3, 4, 5 définies au bordereau des données dans les cases YY(2), YY(3), YY(4), YY(5) par leurs distances au bords gauche du trottoir gauche.

LIGNE A7 CARACTÉRISTIQUES DE LA COUPE TRANSVERSALE DE LA STRUCTURE PORTEUSE

(cf. dessins joints)

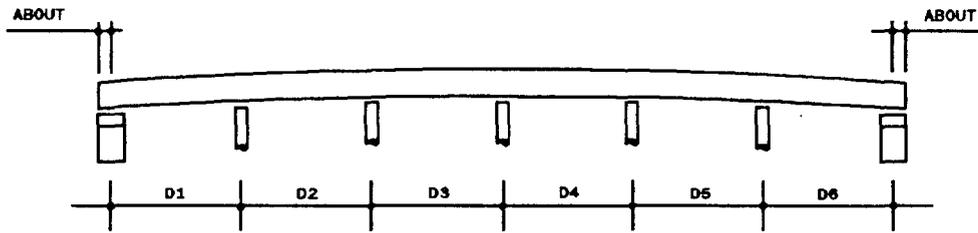
Cette ligne utilise les éléments de définition de la coupe transversale schématisée sur les dessins joints.

HDALLE 1	Épaisseur de la dalle résistante. Lorsque la coupe transversale comporte des encorbellements latéraux, HDALLE 1 est l'épaisseur du béton de la nervure.
HDALLE 2	Épaisseur à l'extrémité des encorbellements latéraux de la dalle. Ces épaisseurs (HDALLE 1 et HDALLE 2) sont à majorer si la dalle est bombée pour prendre en compte une épaisseur moyenne.
HDALLE 3	Épaisseur verticale du flanc qui peut exister entre l'encorbellement et le corps de la dalle.
EDALLE 1	Largeur droite d'intrados entre encorbellements (largeur entre arêtes inférieures).
EDALLE 2	Largeur droite cumulée des encorbellements
EDALLE 3	Largeur droite cumulée des flancs obliques

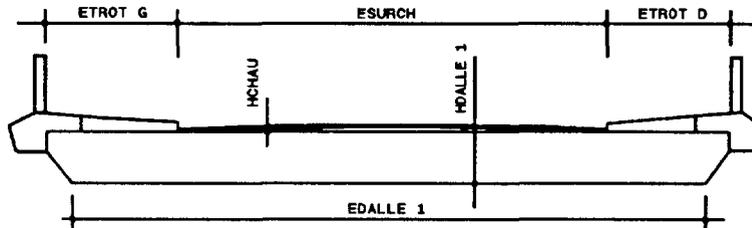
Le programme utilise ces caractéristiques géométriques pour les études ci-après :

- Calcul des coefficients correctifs de répartition transversale selon la méthode de GUYON-MASSONNET-BARES.
- Calcul du ferrailage longitudinal.
- Vérifications de l'état-limite ultime de résistance.
- Calculs de la flexion transversale et du ferrailage transversal.
- Sécurité vis-à-vis de l'effort tranchant général.

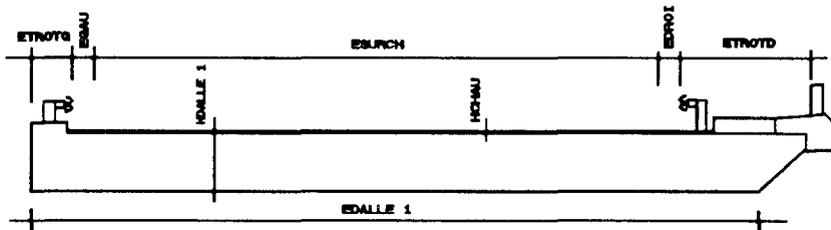
PROFIL EN LONG



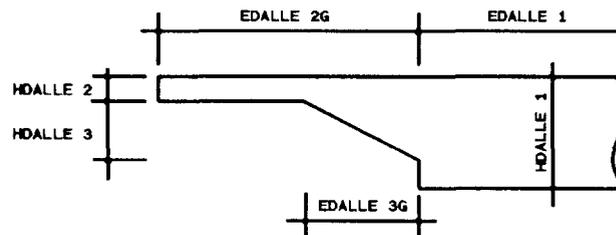
PASSAGE SUPERIEUR



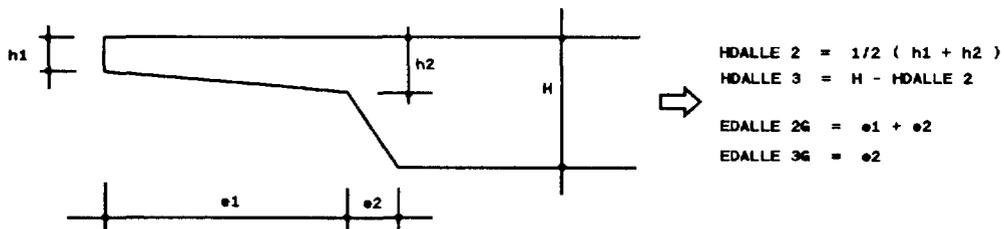
PASSAGE INFERIEUR



DETAIL D'UN ENCORBELLEMENT



APPLICATION A UN CAS COURANT



NOTA IMPORTANTS

$E DALLE 2 = E DALLE 2G + E DALLE 2D$
 $E DALLE 3 = E DALLE 3G + E DALLE 3D$
 $H DALLE 1$ et $H DALLE 2$ sont à ajuster si l'ossature résistante est bombée

LIGNE A8

DÉFINITION DES CHARGES

STATUT	Porter 100, 200, 300, selon que le pont est de 1°, 2° ou 3° classe (F 61.II art.3). La valeur 000 de STATUT correspond à un calcul selon le Fascicule 61, titre II de 1960.
MASVOL	Valeur probable de la masse volumique du béton. N'est à remplir que si la masse volumique du béton est différente de la valeur 2,5 t/m ³ fixée à l'article A.3.1,21, du BAEL.
OSSAM (resp.OSSAm)	Coefficients multiplicateurs pour le calcul de la valeur caractéristique maximale (resp.minimale) du poids de l'ossature. Dans les cas courants, ces coefficients sont égaux à 1.
QSUPTM (resp.QSUPTm)	Valeur nominale maximale (resp.minimale) du poids des superstructures (équipements fixes de toute nature ne concourant pas à la résistance de l'ouvrage).
A	Charges de type A (l)(F 61, II art.4). 001 - La charge A (l) est une charge réglementaire définie au F 61,II. 100 - La charge A (l) est une charge généralisée, définie par l'utilisateur en ligne B3 (ex : passerelle piétons, voie ferrée, tranchée couverte).
B	Charges du type B (F 61,II art.5). 001 - Camions BC et tandems Bt (suivant la classe du pont, définis au F 61,II). 100 - L'ouvrage est étudié sous l'effet des seuls camions généralisés BG qui sont à définir par l'utilisateur en lignes B1 et B2 (ex : engins de terrassement). 101 - L'ouvrage est étudié sous l'effet de la charge B du F 61, II et des camions généralisés BG. Si B = 100 ou 101, penser à remplir les deux lignes B1 et B2.
CE	Charges de caractère particulier (convois militaires, charges exceptionnelles) La donnée CE est de la forme imj, chaque caractère correspondant à un type de charges de caractère particulier : i - charges généralisées de caractère particulier ; ces charges viennent en plus des charges militaires ou exceptionnelles de type D et E et sont affectées dans les combinaisons d'actions des mêmes coefficients de prise en compte γ . Par exemple : convois de transport exceptionnel définis par la lettre-circulaire R/EG.3 du 20 Juillet 1983. m - charge exceptionnelles (F 61,II art.10) j - charges militaires (F 61, II art.9) Le programme permet de prendre en compte au maximum quatre charges de caractère particulier. $\left. \begin{array}{l} 0 \text{ pas de charge généralisée de caractère particulier} \\ i \left\{ \begin{array}{l} : i \text{ charges généralisées de caractère particulier.} \\ \text{Penser alors à remplir les lignes B4 correspondantes. (i lignes)} \end{array} \right. \end{array} \right\}$ $\left. \begin{array}{l} 0 \text{ pas de charge exceptionnelle} \\ m \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ convoi exceptionnel de type D du F.61,II} \\ 2 \text{ convois exceptionnels de types D et E du F.61,II} \end{array} \right. \end{array} \right\}$

j	}	0 pas de charges militaires
		3 charge militaire Mc80 du F.61,II
		4 charge militaire Mc120 du F.61,II

Exemple : La valeur 124 de im_j correspond à l'admission sur l'ouvrage d'une charge généralisée dont les caractéristiques seront à définir en ligne B4 (1 ligne), les convois exceptionnels D et E et le convoi militaire MC 120.

PSTROT

Charge générale des trottoirs

Indiquer 0 dans le cas d'une plateforme autoroutière
Indiquer 0.150 dans le cas de voirie ordinaire.

KA,KBC,KBT
KCM,KTR

Coefficient correctifs de répartition transversale, relatifs respectivement à la charge A, à la charge Bc, à la charge Bt, au char militaire, à la charge des trottoirs. Ces cinq coefficients sont à définir si, et seulement si, on ne désire pas que les coefficients correctifs de répartition transversale soient calculés par la méthode GUYON et MASSONNET et que l'on a en conséquence porté 0 dans la case EXCENTR de la ligne A3. Le programme ne considère qu'une seule valeur par type de charge, valable pour l'ensemble de l'ouvrage.

Pour A et Bc, ces coefficients doivent tenir compte non seulement de la majoration due à l'excentrement des charges, mais aussi des coefficients a_1 et bc fonction du nombre de voies surchargées donnant l'effet le plus défavorable. Plus précisément, il faut pour les différentes fibres longitudinales considérées, NVOIE étant le nombre de voies, calculer les coefficients d'excentrement $KA(i)$ (ou $KBC(i)$) des différentes voies de circulation (ou files de camions) successifs, comparer les quantités

$$\frac{a_1(i) \times \sum KA(j)}{NVOIE} \quad \text{ou} \quad \frac{bc(i) \times \sum KBC(j)}{NVOIE}$$

et retenir les plus grandes de ces quantités pour les reporter dans les données KA et KBC du programme. En général, les coefficients KA et KBC sont de la forme $a_1(NVOIE)^{\epsilon_1}$ et $bc(NVOIE)^{\epsilon_2}$.

LIGNE A9

ÉTAT-LIMITE D'OUVERTURE DES FISSURES

(étude à l'état-limite de service)

Genre	100 : La fissuration est considérée comme peu préjudiciable. 200 : La fissuration est considérée comme préjudiciable 300 : La fissuration est considérée comme très préjudiciable i01 : Classe extra-réglementaire dont les contraintes limites sont à définir dans la ligne C1. (i = 1,2,3)
BA	Une valeur non nulle du chiffre des unités ou des centaines de BA provoque la lecture des lignes C2 et C3 définissant les différents coefficients extra-réglementaires relatifs aux actions et aux matériaux utilisés (cf. lignes C2, C3).
POISSON	Coefficient de POISSON du béton. Valeur conseillée : 0
f_{cj}	Valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton à j jour (j = 28). Valeur conseillée : 3060 t/m ² .
f_{tj}	Valeur caractéristique de la résistance à la traction du béton à j jour (j = 28). Valeur conseillée : 245 t/m ² .
RETRAIT	Raccourcissement relatif final du retrait du béton (cf. BAEL, article A.2.1,22.).

LIGNE A10

CARACTÉRISTIQUES DES ACIERS

PHI 1	Diamètre des aciers longitudinaux principaux et éventuellement des chevêtres incorporés.	
PHI 2	Diamètre des aciers transversaux en travées - Aciers des chevêtres incorporés - Aciers longitudinaux complémentaires.	
PHI 3	Diamètre des aciers transversaux supérieurs en travée et éventuellement des aciers longitudinaux de construction.	
PHI 4	Diamètre des étriers.	
f_e1	Limite d'élasticité garantie des aciers de diamètre PHI 1. Valeur conseillée : 50 000 t/m ² pour les H.A.*	
f_e2	Limite d'élasticité garantie des aciers de diamètre PHI 2. Valeur conseillée : 50 000 t/m ² pour les H.A.*	
f_e3	Limite d'élasticité garantie des aciers de diamètre PHI 3. Valeur conseillée : 50 000 t/m ² pour les H.A.*	
f_e4	Limite d'élasticité garantie des aciers de diamètre PHI 4. Valeur conseillée : 50 000 t/m ² pour les H.A.*	
Nai	Nuances des aciers de diamètre PHI i (BAEL, § A.2.2.).	
i = 1,4	= 0	pour l'acier dont la contrainte est plafonnée à f_e au-delà de la déformation f_e/E_s .
	= 1	pour l'acier dont la contrainte augmente linéairement au-delà de la déformation f_e/E_s pour atteindre 1,1 f_e pour une déformation égale à 10‰.
ETAi	Coefficient de fissuration des aciers (BAEL, § A.4.5,3) ;	
i = 1,4	Valeur conseillée : 1,6 pour les H.A. *	
ψ_s	Coefficient de scellement qui caractérise les barres du point de vue de leur adhérence (BAEL, § A.6.1.21.) ; à remplir si $\psi_s \neq 1,5$	

LIGNE A11

DISPOSITION DES ARMATURES

		Valeurs conseillées
N1	Nombre de barres dans un groupe d'armatures longitudinales.	
N2	Nombre de groupes considérés ensemble pour réaliser l'épure d'arrêt de barres.	N1 = 3 N2 = 3
ESPAC 1	Espacement désiré entre axe des groupes : sera éventuellement modifié par le programme.	ESPAC 1 = 10 PHI 1
ENROB S	Enrobage des aciers de la nappe supérieure.	
ENROB I	Enrobage des aciers de la nappe inférieure.	

* H.A. : Armature à haute adhérence.

LIGNE A12

TASSEMENT DES APPUIS

Cette ligne est à remplir seulement si la donnée TASMENT de la ligne A 3 vaut 2.

YOUNG	Valeur comprise entre 3 et 4 servant à déterminer la valeur $E_{i28}/YOUNG$ du module de déformation du béton utilisé par le programme dans le calcul des efforts dus aux tassements des appuis, E_{i28} étant la valeur du module de déformation instantanée du béton à 28 jours. Sauf précisions contraires, porter YOUNG =3.
KTP	Fraction des tassements probables à prendre en compte dans l'étude ELS.(combinaison quasi-permanente d'actions).
TP _i	Tassement probable de l'appui i
ΔTP _i	Tassement supplémentaire aléatoire de l'appui i

LIGNES A13

DIMENSIONNEMENT DES APPAREILS D'APPUIS

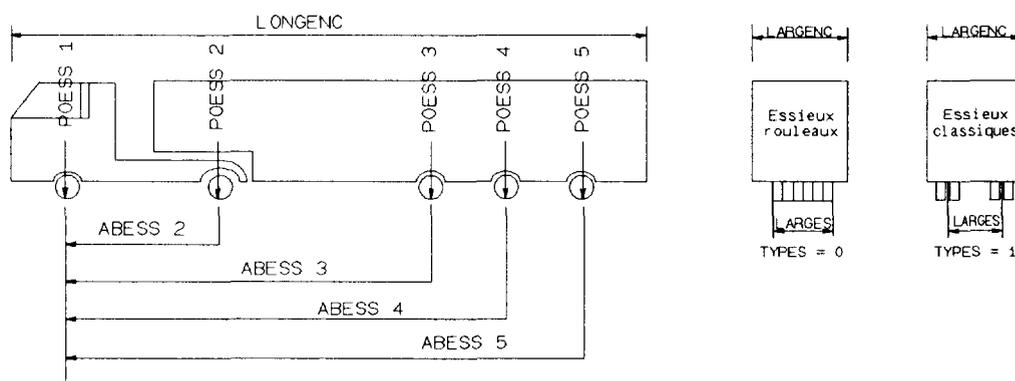
COMPREN V (resp.COMPREB V)	Contrainte minimale admissible de compression moyenne des appareils d'appui en élastomère (resp. en section rétrécie de béton). C'est la limite inférieure en dessous de laquelle il y a risque soit de cheminement (appareils d'appui en élastomère), soit de tenue insuffisante vis-à-vis des cisaillements sous les déformations dues au freinage, retrait, fluage... Valeurs conseillées (en l'absence de précisions contraires) : COMPREN V = 250 t/m ² , COMPREB V = 2000 t/m ²
COMPREN S (resp.COMPREB S)	Contrainte maximale admissible de compression moyenne des appareils d'appui en élastomère (resp. en section rétrécie de béton). C'est la limite supérieure au-dessus de laquelle il y a risque soit de désordres dus à la compression excessive de l'élastomère ou du béton, soit de volume trop important de frettes à mettre en oeuvre dans le béton voisin des appareils d'appui. Valeurs conseillées (en l'absence de précisions contraires) : COMPREN S = 1500 t/m ² , COMPREB S = 3500 t/m ²
SYMAP	Symétrie longitudinale des appareils d'appui : 0 - pas de symétrie, 1 - symétrie longitudinale, 2 - les appareils d'appui sur les appuis intermédiaires sont tous identiques.
TYPAP	Type de l'appareil d'appui utilisé : 0 - articulation FREYSSINET, 1 - appareil d'appui en élastomère fretté,, 2 - autre type d'appareil d'appui.
NAP	Nombre d'appareils d'appui sur la ligne d'appui considérée.

B - CHARGES D'EXPLOITATION GÉNÉRALISÉES (Option)

LIGNE B1

CHARGES B GÉNÉRALISÉES

Ligne à remplir seulement si le chiffre des centaines de la donnée B (cf. ligne A 8) vaut 1.



NCAM	Nombre de véhicules par voie de circulation ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 3.
NES	Nombre d'essieux par véhicule ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 6.
TYPES	1 : Essieu classique composé de deux roues 0 : Essieu du type rouleau A noter que tous les essieux doivent être du même type.
ESAV ESAR	Dans le calcul de la flexion transversale pour la surcharge du type B, les essieux de numéro ESAV à ESAR (bornes comprises) sont pris en compte.
LONG ENC	Longueur d'encombrement d'un véhicule
LARG ENC	Largeur d'encombrement d'un véhicule
LARG ES	Largeur de l'essieu type rouleau (si TYPES = 0) ou distance d'axe à axe des deux roues d'un même essieu (si TYPES = 1).
DYNA	1 : le coefficient de majoration dynamique doit être lu dans la case DYNAM. 0 : le coefficient de majoration dynamique est calculé selon les dispositions prévues par le règlement (F 61,II) pour le système Bc.
DYNAM	Donnée à remplir seulement si DINA = 1 Valeur du coefficient de majoration dynamique valable pour l'ensemble de l'ouvrage. Prendre la valeur enveloppe pour l'ensemble des travées pour être dans le sens de sécurité tant vis-à-vis de la flexion longitudinale que vis-à-vis de la flexion transversale.
CDTB(i)	Coefficient bc relatif aux camions B pour i files considérées. Si le nombre de files de camions NFC est inférieur au nombre de voies de circulation, porter 0 dans les coefficients CDTB(i) pour i > NFC (strictement supérieur).

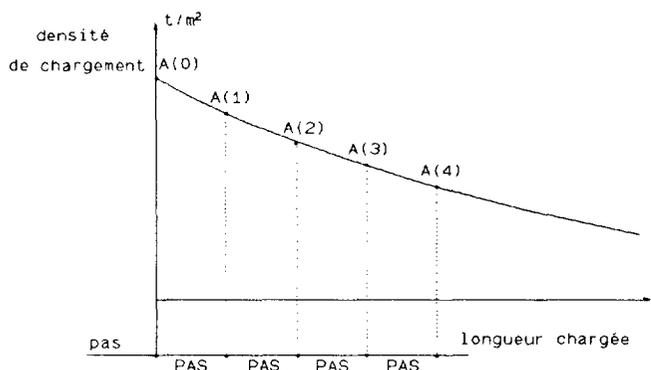
LIGNE B2

ABESS_i La ligne B2 définit longitudinalement le véhicule en précisant les abscisses et poids de chaque essieu par rapport à une origine donnée. On prendra l'essieu avant du véhicule comme essieu d'origine (ES(1) abscisse 0) ; les essieux seront numérotés dans l'ordre et on fournira pour chacun d'eux son abscisse (ABESS_i) par rapport à l'essieu d'origine et son poids (POESS_i).

LIGNE B3

CHARGES A GÉNÉRALISÉES

Cette charge généralisée n'est prise en compte que si le chiffre des centaines de A est égal à 1 (cf. ligne A 8).



PAS La ligne B3 définit une charge A généralisée à partir de données supplémentaires que sont, pour une longueur unitaire PAS exprimée en mètre, les charges générales de chaussée A(0), A(1), A(2), A(3), A(4) pour une longueur chargée de 0, PAS, 2 PAS, 3 PAS, 4 PAS. Adopter normalement pour PAS une valeur entière voisine du quart de la somme des deux plus grandes portées adjacentes.

LVOIE Largeur nominale d'une voie v_o (cf. § 4.2 du fascicule 61, II).

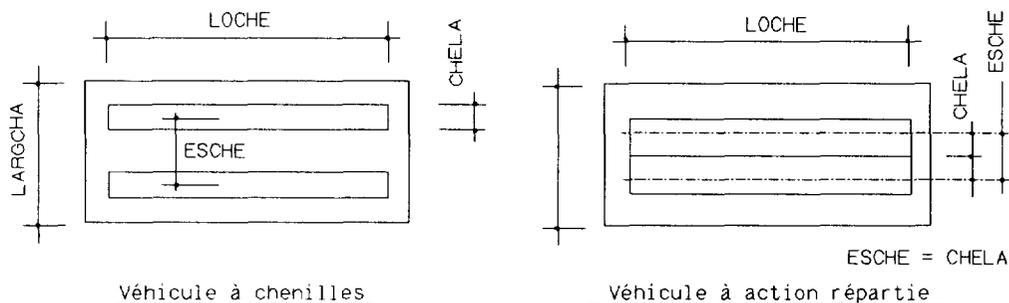
CDTA(i) Coefficient a₁ relatif à la charge A correspondant à i voies chargées

LIGNE(S) B4

CHARGES GÉNÉRALISÉES DE CARACTERE PARTICULIER

A remplir seulement si le chiffre des centaines de CE (Cf. ligne A8) est supérieur ou égal à 1.

Remplir un nombre de lignes B4 égal à ce chiffre. Chacune d'elles décrit une charge généralisée de caractère particulier sous forme de convoi de deux véhicules identiques analogues aux charges militaires.



TITRE	Identification en caractère alphanumériques du convoi (6 caractères).
IDYCHA	1 : Le coefficient de majoration dynamique de la charge généralisée valable pour l'ensemble de l'ouvrage doit être lu dans la donnée DYCHA suivante. 0 : Les coefficients de majoration dynamique sont calculés suivant les dispositions du fascicule 61, II prévues pour les charges militaires.
DYCHA	Si IDYCHA = 1, valeur du coefficient de majoration dynamique, valable pour l'ensemble de l'ouvrage, applicable à la charge généralisée.
POICHA	Masse totale de chacun des deux véhicules
LMAX (resp.LMIN)	Distance entr'axes maximale (resp.minimale) des impacts des deux véhicules.

CAS PARTICULIERS

Lorsque $L_{MAX} = L_{MIN}$, ces données correspondent à un entr'axe constant à respecter entre les deux véhicules.

Lorsque $L_{MAX} = L_{MIN} \geq 100m$, un seul véhicule est pris en compte dans le calcul des efforts.

LARGCHA	Largeur d'encombrement du véhicule. Elle est égale à deux fois la distance minimale entre l'axe longitudinal de la charge et le bord de la largeur chargeable.
LOCHE	Longueur d'une chenille
CHELA	Largeur d'une chenille
ESCHE	Distance d'axe en axe des deux chenilles. Pour un véhicule à action répartie, comme par exemple, l'une des remorques de la charge exceptionnelle type D ou E, prendre $ESCHE = CHELA =$ demi-largeur d'impact (cf. figure).

C - ÉTUDE B A EXTRA-RÉGLEMENTAIRE (Option)

LIGNE C1 CONTRAINTES LIMITES DES MATÉRIAUX EN E.L.S.

Remplir seulement si le chiffre des centaines de GENRE vaut 1

- χ_b Coefficient définissant la compression limite du béton à partir de f_{cj} . A remplir s'il est différent de 0.6.
- $\bar{\sigma}_{si}$ Contrainte-limite des aciers de diamètre PHi (i = 1,4) en E.L.S. (état-limite d'ouverture des fissures).
- i = 1,4

LIGNE C2 DIVERS COEFFICIENTS

A remplir seulement si le chiffre des centaines de BA - ligne 9 vaut 1.

- COEFCA } Coefficient de prise en compte des charges d'exploitation pour les justifications
COEFB }
COEFCM } aux états-limites de service vis-à-vis des charges A, B, char et trottoirs.
COEFTR }

- γ_{F3} Coefficient d'ensemble d'évaluation des sollicitations aux états-limites ultimes.

- $\gamma_{F1} G_{max}$ } Coefficient de prise en compte des charges permanentes aux états-limites ultimes.
 $\gamma_{F1} G_{min}$ }

- γ_{QC_A} } Coefficients de prise en compte des charges d'exploitation (A,B, char, trottoirs) aux
 γ_{QC_B} } états-limites ultimes.
 γ_{QC_M} }
 $\gamma_{QC_{CT}}$ }

- γ_s, γ_b Coefficients d'affinité servant à définir les diagrammes de calcul de contrainte-déformation des matériaux que sont respectivement l'acier pour le renforcement longitudinal, l'acier de pré-contrainte et le béton en vue de la justification aux états-limites ultimes.

- $\epsilon_s, \epsilon_{b2}, \epsilon_{b3}$ Coefficients définissant le diagramme des déformations-limites de la section.

ϵ_s : allongement de l'acier (domaine 1)

ϵ_{b2} : raccourcissement de la fibre la plus comprimée du béton (domaine 2)

ε_{b3} : raccourcissement de la fibre la moins comprimée du béton dans le cas où la section est entièrement comprimée (domaine 3).

θ_{\min}
 θ_{\max}

Coefficient dont la valeur dépend de la durée de chargement, soit de courte durée pour θ_{\min} (cas des charges d'exploitation), soit de longue durée pour θ_{\max} (cas des charges permanentes). Le produit $\theta \cdot \gamma_b$ définit le coefficient d'affinité entrant dans la détermination du diagramme contrainte-déformation du béton.

LIGNE C3

AUTRES CARACTÉRISTIQUES

A remplir seulement si le chiffre des unités de BA = 1.

E_v

Module de déformation différée totale

E_i/E_v

Rapport des modules de déformation instantanée et de déformation différée totale.

n

Coefficient d'équivalence acier-béton.

REGLES BAEL

Comparaison BAEL 83 - BAEL 91

CHAPITRE A.2 : MATERIAUX

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.2.1,11	f_{cj}	$j < 28$ jours	$0,685 f_{c28} \log(j+1)$	$f_{c28} \leq 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $f_{c28} > 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} f_{c28}$
		$j > 28$ jours • cas courants	$f_{cj} = f_{c28}$	$f_{cj} = f_{c28}$
		• pour des bétons non traités thermiquement dont $f_{c28} \leq 40$ MPa et pour des vérifications autres que la résistance des sections.	$f_{cj} = f_{c28}$	$j < 60$ jours $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $j \geq 60$ jours $f_{cj} = 1,10 f_{c28}$
A.2.1,12	f_{ij}	$f_{ij} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$ valable pour	$f_{cj} \leq 40$ MPa	$f_{cj} \leq 60$ MPa
A.2.1,22	Retrait	ϵ_r (en 10^{-4}) selon le climat.	2 France sauf quart sud-est 3 France quart sud-est	1,5 très humide 2 humide (France sauf quart sud-est) 3 sud-est) 4 tempéré sec (France quart sud-est) 5 chaud et sec très sec ou désertique
A.2.1,3	Poisson		$\nu = 0,2$ ELS $\nu = 0,0$ ELU	$\nu = 0,0$ sollicitations (ELS et ELU) $\nu = 0,2$ déformations (ELS et ELU)

CHAPITRE A.4 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.4.1,3	poutre en T _e	Largeur de la table de compression	$\frac{\Sigma \text{portées}}{40} + \frac{2}{3} \text{distance à l'appui}$	condition supprimée
A.4.3,41	σ_{bc} (ELU)	Introduction de θ fonction de la durée de la combinaison d'actions (ponts-routes < 1h)	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\gamma_b}$	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $\theta = 0,85$ si au moins une durée < 1 h $\theta = 0,90$ si au moins une durée entre 1 et 24 h $\theta = 1,00$ si toutes durées > 24 h
		Réduction de γ_b (combinaisons fondamentales) des pièces massives ou fabriquées en usine avec contrôle interne	γ_b peut être réduit	γ_b peut être réduit à 1,3 pour les justifications du seul article A.4.3
A.4.3,5	Flexion composée	Excentricité pour stabilité de forme	$e = e_1 + e_a + e_2$	$e = e_1 + e_2$ e_1 (premier ordre) inclut e_a (additionnelle)
A.4.4,3	stabilité de forme	Pour une ossature, inclinaison d'ensemble	0,010 rd	0,010 rd si un étage avec charges en haut 0,005 autres cas
A.4.5,3	fissuration (ELS)	Principe de justification		dépend de l'environnement la nature de la structure l'utilisation de l'ouvrage la limite élastique des aciers des expériences analogues
		Définition des cas PP, P, TP		renvoyé en B.2.4 sauf pour les <u>Ponts-routes</u> : peu préjudiciable milieu peu agressif formes simples $f_c \leq 400\text{MPa}$ préjudiciable milieu moyennement agressif ouvrages minces tirants nombreuses reprises très préjudiciable milieu très agressif
		Vocabulaire	peu nuisible	peu préjudiciable
		Fissuration préjudiciable	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_c}{3}, 150 \eta \text{ MPa} \right)$	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_c}{3}, 110 \sqrt{\eta f_{ty}} \text{ MPa} \right)$
		Fissuration très préjudiciable	$\sigma_s = \min (0,5 f_c, 110 \eta \text{ MPa})$	$\sigma_s = \min (0,5 f_c, 90 \sqrt{\eta f_{ty}} \text{ MPa})$
		Coefficient de fissuration ronds lisses HA	$\eta = 1$ η fixé par fiche d'identification	$\eta = 1$ $\eta = \begin{cases} 1,6 \text{ pour } \phi \geq 6 \text{ mm} \\ 1,3 \text{ pour } \phi < 6, \text{mm} \end{cases}$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES

CHAPITRE A.5.1 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS D'EFFORT TRANCHANT

Article			BAEL 83	BAEL 91	
A.5.1,1	pièces comprimées	Pas de vérification si	$\tau_u \leq \min (0,04 f_{cj}, 1,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,06 f_{cj}}{\gamma_b}, 1,5 \text{ MPa} \right)$	
A.5.1,2	charges	Non prise en compte des charges près des appuis pour le calcul : <ul style="list-style-type: none"> • charge négligée jusqu'à $\frac{h}{2}$ • charge $\times \frac{2a}{3h}$ jusqu'à $a=1,5h$ 	des aciers seulement charges réparties charges concentrées	des aciers et du cisaillement toutes charges toutes charges	
	armatures d'âme	$\frac{A_t}{b_0 s_t} =$	$\frac{\tau_u - 0,3 f_{tj} k}{0,8 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$	$\frac{\gamma_s (\tau_u - 0,3 f_{tj} k)}{0,9 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$ avec $f_{tj} \leq 3,3 \text{ MPa}$	
	cisaillement	Avec des aciers droits	PP	$\tau_u \leq \min (0,13 f_{cj}, 4 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,20 f_{cj}}{\gamma_b}, 5 \text{ MPa} \right)$
			P ou TP	$\tau_u \leq \min (0,10 f_{cj}, 3 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,15 f_{cj}}{\gamma_b}, 4 \text{ MPa} \right)$
	Avec des aciers à 45° ou droits+horizontaux		$\tau_u \leq \min (0,18 f_{cj}, 5,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,27 f_{cj}}{\gamma_b}, 7 \text{ MPa} \right)$ droits+horizontaux recommandés en P et TP	
A.5.1,3	appui simple d'about	Pour les appuis de faible longueur	n'existe pas	Superposition de plusieurs bielles, la première reprend au moins $\frac{v_u}{3}$	

ARTICLE A.5.2 : DALLES ET POUTRES-DALLES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.2,2		Pas d'armatures transversales si :	$\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\tau_u \leq \frac{0,07 f_{cj}}{\gamma_b}$
A.5.2,3	charges localisées	Pas d'armatures transversales si : <ul style="list-style-type: none"> • cas général • avec ferrailage horizontal 	$Q_u \leq 0,045 u_c h f_{cj}$	$Q_u \leq \frac{0,045 u_c h f_{cj}}{\gamma_b}$ $Q_u \leq (0,05 + 1,5\rho_1) \frac{d u_c}{\gamma_b} f_{cj}$ avec $\rho_1 = \sqrt{\rho_x \rho_y} \leq 0,015$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES (suite)

ARTICLE A.5.3 : COUTURES D'ATTACHES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.3,1 2	coutures généralisées	Coefficient de frottement	= 1	= 1 si rugosité de 5 mm ≤ 0,6 dans le cas contraire

ARTICLE A.5.4 : TORSION

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.4,3	béton	Cisaillement dû à torsion (τ_T) + tranchant (τ_V) • sections creuses • sections pleines	$\tau_T + \tau_V \leq \tau_{lim}$ $\tau_T + \tau_V \leq \tau_{lim}$	$\tau_T + \tau_V \leq \tau_{lim}$ $\tau_T^2 + \tau_V^2 \leq \tau_{lim}^2$

CHAPITRE A.7 - A.8 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.7.1	enrobages	Enrobage des armatures passives : <ul style="list-style-type: none"> • locaux clos sans condensation • aux intempéries, condensation, liquides • action agressive sur paroi non coffrée • à la mer et atmosphère très agressive 	1 cm 2 cm 3 cm 4 cm	1 cm } 3 cm (2 cm si $f_{c28} > 40$ MPa) 5 cm (3 cm si béton ou aciers protégés)
A.8.2,4	dalles sur appuis continus	Pourcentage minimal d'armatures		l'article A.4.2,1 est reporté en B.7.4 ⇒ n'existe plus pour les ponts
A.8.2,4 2		Ecartement des armatures dans la direction la plus sollicitée : <ul style="list-style-type: none"> • sous charges réparties • sous charges concentrées 	$\leq \min (3 h, 33 \text{ cm})$ $\leq \min (2 h, 22 \text{ cm})$	$\leq \min (3 h, 33 \text{ cm})$ $\leq \min (2 h, 25 \text{ cm})$
A.8.4,1	pressions localisées (ELU)	contrainte de compression admissible <ul style="list-style-type: none"> • rectangles concentriques • surfaces homothétiques 	$\sigma_{bc} = K \frac{f_{cj}}{\gamma_b}$ $K = 1 + \left(3 - \frac{a_0}{a} - \frac{b_0}{b} \right) \sqrt{\left(1 - \frac{a_0}{a} \right) \left(1 - \frac{b_0}{b} \right)}$ $K = 4 - 5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} + 2 \frac{B_0}{B}$	$\sigma_{bc} = K \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $K = 1 + \left[3 - \frac{4}{3} \left(\frac{a_0}{a} + \frac{b_0}{b} \right) \right] + \sqrt{\left(1 - \frac{4a_0}{3a} \right) \left(1 - \frac{4b_0}{3b} \right)} \leq 3,3$ avec $h \geq \frac{a_0 b_0}{a_0 + b_0}$, $\frac{a}{a_0} \geq \frac{4}{3}$, $\frac{b}{b_0} \geq \frac{4}{3}$ $K = 4 - \frac{4}{3} \left(5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} \right) + \frac{4}{3} \left(\frac{8 B_0}{3 B} \right) \leq 3,3$ développé à l'Annexe E.8

ANNEXE B : REGLES APPLICABLES AUX OSSATURES ET ELEMENTS COURANTS

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.1.1	béton	Résistances en fonction des dosages	tableau	tableau inchangé emploi de bétons de résistance supérieure possible si les limites du chapitre A.2 sont respectées
B.1.2	aciers		n'existe pas	emploi d'aciers non homologués possible sous réserve de dérogation motivée
B.2.4	cas de fissuration	En fonction de l'environnement	l'article n'existe pas ces définitions se trouvent en A.5,3	reprend les définitions du BAEL 83 enlevées de l'article A.5.3

CHAPITRE B.6 : PLANCHERS ET POUTRES

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.6.1,2 2	combinaisons pour planchers	coefficients ψ_0 : • cas courants • spectacles, archives, parcs...	$1,3\psi_0 = 1 \Leftrightarrow \psi_0 = 0,77$ $1,3\psi_0 = 1,3 \Leftrightarrow \psi_0 = 1$	$\psi_0 = 0,77$ $\psi_0 = 0,9$
B.6.4	non-fragilité	Vérification	obligatoire	inutile si aciers de flexion majorés de 20%
B.6.5,2	flèches	Moment d'inertie fictif Flèches • cas général • consoles	$I_f = \frac{I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{10 E I_f} \right)$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{4 E I_f} \right)$	$I_f = \frac{1,1 I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{M l^2}{10 E I_f}$ $f = \frac{M l^2}{4 E I_f}$
B.6.6,2	armatures de peau	S'applique aux poutres de $\begin{cases} \text{portées} < 25 \text{ m} \\ b_v > 0,15 \text{ m} \end{cases}$ PP P TP	n'existe pas \Rightarrow A.8.3 et A.4.5,34 3 cm ² /m (A.8.3) 3 cm ² /m (A.8.3) 5 cm ² /m (A.4.5,34)	pas de justification 1 cm ² /m 5 cm ² /m (A.4.5,34)
B.6.7,1	poutres secondaires et nervures	Pas d'armatures transversales si Longueur en cause • poutres secondaires • nervures croisées	$\begin{cases} \tau_u \leq 0,025 f_{c28} \\ \text{hauteur totale} \leq 0,40 \text{ m} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{cases}$ moitié centrale moitié centrale	$\begin{cases} \tau_u \leq 0,030 f_{c28} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{cases}$ max (0,5 L , L - 4 h) toute
B.6.7,2	planchers à charge modérée	liaison table-nervure • pas de vérification des aciers si • distribution uniforme du glissement si	$\tau_u \leq 0,25 f_{cj}$ $\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\begin{cases} \tau \leq 0,050 f_{cj} \text{ sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,025 f_{cj} \text{ avec reprise verticale} \end{cases}$ $\begin{cases} \tau \leq 0,10 f_{cj} \text{ sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,05 f_{cj} \text{ avec reprise verticale} \end{cases}$
B.6.8,3	poutres supportant des murs	ELU : compression maxi des voûtes de décharges • maçonnerie • béton	2 MPa $\frac{f_{c28}}{3}$	2 MPa $\frac{f_{c28}}{2}$ en PP ou P, $\frac{f_{c28}}{3}$ en TP
B.6.8,5	méthode du treillis		n'existe pas	inclinaison des bielles au choix mais $\geq 30^\circ$

CHAPITRE B.7 : DALLES SUR APPUIS CONTINUS (ne concerne pas les ponts)

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.7.4	pourcentage minimal		ces pourcentages se trouvent en A.8.2,41	reprend l'article A.8.2,41 du BAEL 83

ANNEXE E.8 : PRESSIONS LOCALISEES

Article			BAEL 83	BAEL 91
E.8			cette annexe n'existe pas	développe l'article A.8.4

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes ont récemment été mis à jour conformément aux nouvelles règles BAEL et BPEL dont l'application est rendue obligatoire à partir de juillet 1992.

Le présent document constitue un guide d'emploi du programme PSIDA-EL pour les ponts-dalles en béton armé.

The calculation of standard bridges is widely easier in using S.E.T.R.A.'s computer programs.

These programs were recently updated according to the latest BAEL (Reinforced concrete at limit states) and BPEL (Prestressed concrete at limit states) regulations which became mandatory in July 1992.

The present document is a user's guide to the program PSIDA-EL for reinforced concrete slab decks.

PONTS DALLES EN BETON PRECONTRAIT

PROGRAMME DE CALCUL PSIDP.EL

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91 ET BPEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992



Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes



PONTS DALLES EN BETON PRECONTRAIN

PROGRAMME DE CALCUL PSIDP.EL

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91 ET BPEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992

Document réalisé et diffusé par le



SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : (1) 46 11 31 31 - Télécopieur : (1) 46 11 31 69 - Telex 632263

Note de présentation

Les ouvrages types du S.E.T.R.A. ont été présentés dans un document publié en septembre 1979 sous la forme d'une plaquette bilingue français-anglais.

La conception de ces ouvrages a également été exposée dans des guides de conception consacrés à chaque type de structure. Citons parmi ceux-ci :

- Guide de conception des ponts-dalles à nervures, paru en 1981 ;
- Guide de conception des ponts-dalles, paru en 1989 ;
- Guide de conception des ponts-cadres et portiques, à paraître en 1992.

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes de calcul étaient jusqu'à présent conformes à la version 1983 des règles BAEL et BPEL.

Ces dernières ont été récemment mises à jour et leur application a été rendue obligatoire à partir du mois de juillet 1992.

Dans ces conditions, la mise à jour des programmes de calcul d'ouvrages types était devenue urgente. Cette tâche a été accomplie et les programmes, dans leur nouvelle version, sont opérationnels.

Le présent document a pour but d'apporter un guide d'emploi du programme PSIDP-EL de calcul des ponts dalles en béton précontraint.

Décembre 1992

APPLICATION DES RÈGLES BPEL A LA JUSTIFICATION DES PONTS-DALLES

1 - MODALITÉS D'APPLICATION

L'application des règles BPEL à la justification des ponts-dalles nécessite essentiellement la définition de la résistance du béton, la classe de vérification, le coefficient ϕ_1 et la limite d'ouverture des fissures détaillée ci-après.

1.1. RÉSISTANCE CARACTÉRISTIQUE A LA COMPRESSION DU BÉTON

L'article A.2.1,1 des règles BAEL définit cette résistance dans les conditions suivantes :

Pour l'établissement des projets, dans les cas courants, un béton est défini par une valeur de sa résistance à la compression à l'âge de 28 jours mesurée sur cylindre, dite valeur caractéristique requise (ou spécifiée). Celle-ci, notée f_{c28} , est choisie a priori compte tenu des possibilités locales et des règles de contrôle qui permettent de vérifier qu'elle est atteinte. Ces règles sont définies par la circulaire n° 79-23 du 9 Mars 1979 relative au contrôle de la qualité des bétons (cf également le fascicule 65 du CCTG relatif à l'exécution des ouvrages et constructions en béton).

Lorsque des sollicitations s'exercent sur un béton dont l'âge de j jours (en cours d'exécution) est inférieur à 28, on se réfère à la résistance caractéristique f_{cj} obtenue au jour considéré.

A titre indicatif, les valeurs caractéristiques sont inférieures de 10 à 15% aux valeurs nominales définie par la réglementation antérieure.

Il est à remarquer que :

- on obtient facilement 25 MPa sur les chantiers faisant l'objet d'un contrôle régulier ;
- on peut obtenir 30 MPa dans toutes les régions à condition, en outre, de choisir convenablement les matériaux et d'étudier la composition du béton ;
- des résistances supérieures peuvent être atteintes moyennant une sélection rigoureuse des matériaux utilisés ; elles sont normalement réservées aux structures exceptionnelles.

Sauf exception, la résistance caractéristique est choisie, pour chaque partie d'ouvrage parmi les classes normalisées suivantes :

B25	B30	B35	B40
-----	-----	-----	-----

Pour les tabliers-dalles, qui sont des structures massives et peu sollicitées en compression, la classe de résistance B25 (pour les dalles de section rectangulaire) ou B30 (pour les dalles à larges encorbellements) est conseillée.

1.2. CLASSE DE VÉRIFICATION

L'article 1.3 des règles BPEL prévoit trois classes de vérification : I, II, et III. Chacune de ces classes se caractérise par ses contraintes admissibles en section d'enrobage d'une part et hors section d'enrobage d'autre part sous les diverses combinaisons d'actions.

Les ponts-dalles de béton-précontraint sont normalement à calculer en classe II ou III, pour les justifications aux efforts généraux. Cependant on peut préciser dès maintenant :

- que les ouvrages en site marin ou exposés au salage fréquent en période d'hiver sont à calculer en classe II,
- que la classe III (dite de précontrainte partielle) peut être admise pour les tabliers-dalles routiers de 2ème et 3ème classe au sens du Fascicule 61 titre II, et situés en atmosphère peu agressive.
- les autres ponts-routes de 1ère classe sont de préférence à calculer en classe II.

Dans tous les cas, il y a lieu de respecter, en ce qui concerne le choix des aciers et la mise en oeuvre des unités de précontrainte, les conditions indiquées dans le Fascicule n°4, titre I (armatures pour béton armé), titre II (armatures de précontrainte) et la circulaire n)79-78 du 16 Août 1979 relative à la mise en oeuvre des unités de précontrainte. (Cf. également le fascicule 65 du CCTG relatif à l'exécution des ouvrages en béton).

1.3. FRACTION ψ_1 DE CHARGES D'EXPLOITATION SANS CARACTERE PARTICULIER ENTRANT DANS LA COMBINAISON D' ACTIONS FRÉQUENTE

Les justifications aux états-limites de service sont à effectuer sous les combinaisons d'actions quasi-permanentes, rares et fréquentes. La combinaison quasi permanente correspond à l'état en service à vide et la combinaison rare à l'état en service en charge de l'ouvrage. La justification vis-à-vis de la combinaison fréquente d'actions, c'est-à-dire de la combinaison de charges permanentes plus une fraction ψ_1 de charges d'exploitation sans caractère particulier, a pour but d'assurer aux ouvrages en béton précontraint un comportement satisfaisant vis-à-vis de la fissuration et aussi de la fatigue sous les charges répétées et fréquentes.

En règle générale, ψ_1 prend les valeurs suivantes :

$$\psi_1 = \begin{cases} 0.6 \times 1.20 = 0.72, & \text{pour les ponts de 1ère classe} \\ 0.4 \times 1.20 = 0.48, & \text{pour les ponts de 2ème classe} \\ 0.2 \times 1.20 = 0.24, & \text{pour les ponts de 3ème classe} \end{cases}$$

(classe au sens du fascicule 61,II)

1.4. LIMITE D'OUVERTURE DES FISSURES

On définit ainsi les conditions de justification selon lesquelles la fissuration du béton du tablier doit être considérée soit comme "peu préjudiciable", soit comme "préjudiciable" soit, cas exceptionnel, comme "très préjudiciable". Chacun de ces trois niveaux d'exigences relatives à l'ouverture des fissures se caractérise du point de vue de calcul par une contrainte limite des aciers différente. D'autres dispositions constructives, non moins importantes, relatives aux diamètre, espacement et enrobage des fers sont aussi indispensables à chaque niveau d'exigence (cf. BAEL, Article A 4.5.33).

2 - EMPLOI DU PROGRAMME PSIDP-EL

Le programme PSIDP-EL peut être utilisé pour des calculs de tabliers-dalles conformes à la réglementation française, suivant les conditions ci-après :

2.1. ACTIONS

Outre sa souplesse dans la prise en compte des charges d'exploitation, déjà développée, le programme peut dimensionner la précontrainte et les armatures passives afin de reprendre les efforts dus à des tassements différentiels d'appuis ou à un gradient thermique, selon les modalités ci-après :

a) S'agissant de déplacements différentiels des appuis, les efforts sont évalués par le programme conformément à l'Article 4.1.5.3 des Directives Communes de 1979, à partir des valeurs de tassements probables et aléatoires introduites en données. Les tassements probables (appelés encore tassements absolus) entrent dans la définition de la combinaison d'actions quasi-permanente. Les tassements probables + tassements aléatoires ont leurs actions maximale et minimale dans la combinaison rare (études ELS) et dans la combinaison fondamentale (études ELU de résistance).

Les tabliers-dalles peuvent supporter, avec peu de renforcements, des tassements différentiels jusqu'à 2 à 3 centimètres. Les dalles précontraintes de type PSIDP peuvent même supporter des tassements bien supérieurs moyennant, cependant, des renforcements plus importants. Toutefois les grands tassements, du fait qu'ils portent préjudice au bon fonctionnement des ouvrages, doivent être évités par un choix approprié du type de fondation. On estime à cet égard que les tassements différentiels ne sont pas tolérables pour le fonctionnement des ouvrages d'art, dès qu'ils dépassent 0.4 % de la longueur des travées.

La structure des données du programme (cf. commentaires des données) peut lui permettre d'ailleurs de façon générale de traiter du problème de dénivellation des appuis rencontré dans le cas où on veut :

- remonter un tablier dont le gabarit est insuffisant,
- ou redescendre un tablier qui a été construit en surgabarit pour réserver pendant la construction un tirant d'air suffisant sous échafaudage.

A titre indicatif, les efforts dans la structure sous l'action des dénivellations d'appuis sont fonction de l'histoire de ces dénivellations et de leur vitesse. Il y a, de plus, interaction entre la loi des dénivellations et la loi de fluage du béton. Il en résulte que le "module de calcul" du béton à prendre en compte pour évaluer les efforts dans la structure dus aux dénivellations peut être pris égal à E_{128}/χ , où :

- $\chi = 1$, lorsqu'on veut étudier l'effet instantané d'une dénivellation (par exemple mise en place par vérinage d'un ouvrage).
- $\chi = \varphi / (1 - e^{-\varphi})$, lorsqu'on veut évaluer l'effet à long terme des tassements instantanés de fondation sur sols sableux ou sur graviers.
- $\chi = e\varphi$, lorsqu'on veut évaluer l'effet à long terme des tassements de fondation sur argiles, ou plus généralement des tassements dont la vitesse est voisine de la vitesse du fluage du béton.

Dans les deux dernières expressions de χ , φ , désigne la valeur du coefficient de fluage, k_n , du béton chargé à 28 jours d'âge.

De façon concrète, la prise en compte des tassements d'appui dans le calcul PSIDP s'effectue au moyen des paramètres suivants (cf. commentaires des données à introduire dans ce programme) :

- Les tassements probables TP_i et les tassements aléatoires $\pm\Delta T_i$, l'indice i étant rapporté à l'appui i , qui sont obtenus à partir du dossier géotechnique de l'ouvrage à calculer. La distribution ΔT_i est donc supposée centrée autour de TP_i , dans un souci de simplification. Pour l'évaluation des efforts, le programme attribue :
 - . soit à tous les appuis une valeur nulle (situation avant tassements),
 - . soit à chaque appui i la valeur du tassement absolu TP_i , sauf à deux d'entre eux auxquels il attribue les valeurs $TP_i \pm \Delta T_i$ de façon à obtenir l'effet le plus défavorable.
- Le coefficient χ défini précédemment (appelé YOUNG dans le tableau des données).
- La fraction K des tassements à prendre en compte par le programme dans les études ELS.
- La variation $\bar{\Delta}\sigma$ de contrainte normale admissible du béton sous la combinaison rare et les tassements $TP_i \pm \Delta T_i$.

L'ensemble de ces données permet au programme une prise en compte quasi complète du problème des dénivellations d'appuis. A titre d'exemple, $K=0$ correspond à une prise en compte de ces dénivellations dans les seules études ELU (Cf. également § 2.2 relatif à ces études).

b) S'agissant des effets d'un gradient thermique, ce phénomène peut expliquer certaines fissurations constatées dans les ponts-dalles. Il s'agit des fissures longitudinales en face inférieure des ponts-dalles larges. Il s'agit également des fissures transversales dans les zones voisines des appuis intermédiaires, et toujours en face inférieure de la dalle. Par conséquent, il a été prévu dans le programme des sections minimales d'armatures passives dans le but de limiter l'ouverture de ces fissures, à savoir :

- pour ce qui concerne le ferrailage transversal en face inférieure et perpendiculaire aux bords libres, le programme prévoit un pourcentage minimum égal à la plus petite des deux valeurs : 2‰ et $1,3.\eta$ ‰ de la section du béton, η étant le rapport largeur/portée. Bien entendu, ces pourcentages sont à multiplier par $1/\sin \varphi$, φ étant l'angle de biais géométrique, lorsque le ferrailage transversal est disposé parallèlement aux lignes d'appui ;
- pour ce qui concerne le ferrailage longitudinal en face inférieure près des appuis intermédiaires, le programme prévoit un pourcentage minimum égal à 1,5‰ de la section du béton que doivent présenter les armatures disposées en tête-bêche au voisinage de ces appuis. (Cf. commentaires de la note de calcul modèle)

En revanche, bien que le gradient thermique conduise également à des efforts dans le sens longitudinal, et en raison de l'expérience acquise par le bon comportement des quelques milliers de tabliers-dalles PSIDP déjà construits, il n'y a pas lieu de faire intervenir le gradient thermique dans le dimensionnement de la précontrainte.

2.2. - ÉTUDES BP

2.2.1. GÉNÉRALITÉS

Le programme PSIDP-EL peut être utilisé dans le calcul automatique de ponts-dalles conforme aux règles BPEL (les trois classes I, II et III de justification sont possibles), ceci grâce à un jeu de données destinées à définir :

- . les combinaisons d'actions, c'est-à-dire les coefficients de prise en compte des charges tant pour les études aux états-limites ultimes que pour les études aux états limites de service, avec, dans le dernier cas, les contraintes admissibles correspondantes ;
- . les paramètres servant au calcul des valeurs caractéristiques des tensions des aciers de précontrainte.

Dans le cadre d'une justification standard conforme aux règles BPEL, et afin de faciliter au maximum la tâche des utilisateurs qui n'auront à introduire en ce cas qu'un minimum de données, le programme initialise les paramètres ayant trait aux règles BPEL, selon les détails indiqués ci-après.

2.2.2. ÉTUDES ELS

Compte tenu des éléments exposés dans le présent paragraphe 2, les combinaisons d'actions pour les études ELS avec leurs contraintes limites correspondantes prévues dans le programme dans le cadre d'application des règles BPEL peuvent être condensées dans le tableau page suivante (les notations sont définies au § 2.2.4.).

2.2.3. ÉTUDES ELU

Le programme considère deux combinaisons conformément aux DC.79 :

$$\gamma_{F3} \cdot \gamma_{F1G} \cdot G_o + P$$

$$\gamma_{F3} \cdot [\gamma_{F1G} \cdot (G + TPA) + \gamma_{F1Q} \cdot Q] + P$$

Les notations sont définies au § 2.2.4.

L'étude à l'état-limite ultime de résistance est limitée pour le programme à une vérification puis un "ajustement" éventuel des armatures passives déjà obtenues lors des étapes de calcul antérieures, à savoir :

- le calcul du ferrailage de peau ($3 \text{ cm}^2/\text{ml}$ de parement, article 6.1.31, BPEL),
- la reprise conventionnelle de tractions du béton (condition de non-fragilité, définie à l'article 6.1,32, BPEL),
- et la justification de l'équilibre mécanique de la section fissurée dans le cas d'une vérification suivant la classe III (Article 6.1,24, BPEL).

CONTRAINTES LIMITES DES MATÉRIAUX (Étude E.L.S.)

Elles sont associées aux combinaisons et varient (sauf pour les limites en compression) selon la classe de justification.

Limite en traction

		CLASSE DE JUSTIFICATION				
		COMBINAISON D'ACTIONS		CLASSE 2	CLASSE 3	OBSERVATIONS
Situation transitoire	C ₁	G _o + P (en cours de construction)		0,7 f _y en section d'enrobage 1,5 f _y ailleurs		
SITUATION D'EXPLOITATION	C ₂	G + P + k.TP (com.quasi-permanente)	Béton	sans objet	0 en section d'enrobage non définies ailleurs	$\psi_1 = \begin{cases} 0.6, \text{ ponts de 1ère classe} \\ 0.4, \text{ ponts de 2ème classe} \\ 0.2, \text{ ponts de 3ème classe} \end{cases}$ (Classe ici au sens Fascicule 61 Titre II)
	C ₃	C ₂ + ψ ₁ Q _r (combinaison fréquente) ³	Béton	0 en section d'enrobage non définies ailleurs	sans objet	
			Acier	sans objet	Aciers passifs σ _r ≤ 0,35f _e Aciers de précontrainte : Δσ _p ≤ 100MPa	
	C ₄	C ₂ + γ _Q Q (combinaison rare)	Béton	f ₂₈ en section d'enrobage 1,5 f ₂₈ ailleurs	sans objet	
			Acier	sans objet	Aciers passifs : σ _r ≤ σ̄ _r Aciers de précontraintes: Δσ _p ≤ frg/10	
	C ₅	G + P + k (TPA) + γ _Q Q (combinaison rare)	Béton	Les contraintes limites sont celles correspondant à C ₄ augmentées de Δσ̄		
Acier			Les contraintes limites sont celles correspondant à C ₄			

Limite en compression

Quelle que soit la classe de vérification retenue, les contraintes de compression du béton sont limitées à :

0.5 f_{c28} sous C₂ (combinaisons quasi-permanentes)

0.6 f_{c28} sous C₄ et C₅

0.6 f_{cj} sous C₁ (en construction).

Nota : Les notations sont définies au § 2.2.4.

2.2.4. NOTATIONS

Les notations suivantes sont utilisées au § 2.2.2. et 2.2.3. :

G_o	pois propre de la dalle
G	pois propre + pois des équipements fixes
P	précontrainte (valeurs caractéristiques prises dans la situation considérée)
TP	tassements absolus (ou probables)
TPA	tassements max. ou min. (probables + aléatoires)
k	fractions de tassements à prendre en compte dans les justifications aux ELS
Q	charges d'exploitation
Q_r	charges d'exploitation sans caractère particulier
Q_{rp}	charges d'exploitation de caractère particulier (convois exceptionnels, convois militaires)
ψ_1	fraction de Q_r entrant dans la combinaison d'actions fréquente.
γ_Q	coefficient de prise en compte des charges d'exploitation dans les études ELS
	$\gamma_Q = \begin{cases} 1.2 \text{ pour } Q_r, \text{ sauf charges sur trottoirs} \\ 1 \text{ pour } Q_{rp} \text{ et charges sur trottoirs} \end{cases}$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \gamma_{F3} \\ \gamma_{F1G} \\ \gamma_{F1Q} \end{array} = \begin{array}{l} 1.125 \text{ (coefficient tenant compte des incertitudes sur les sollicitations agissantes).} \\ \begin{cases} 1.2, \text{ pour } G_{\max} \\ 0.9, \text{ pour } G_{\min} \end{cases} \\ \begin{cases} 1.42, \text{ pour } Q_r \\ 1.2, \text{ pour } Q_{rp} \end{cases} \end{array}$$

On note :

$$\gamma_F = \gamma_{F3} \times \begin{cases} \gamma_{F1G_{\max}} = 1.35 \\ \gamma_{F1G_{\min}} \# 1 \\ \gamma_{F1Q_r} \# 1.6 \\ \gamma_{F1Q_{rp}} = 1.35 \end{cases}$$

f_{cj} (resp. f_{c28})	résistance caractéristique en compression du béton à la construction (resp. à 28 jours d'âge)
f_{ij} (resp. f_{i28})	résistance caractéristique en traction du béton à la construction (resp. à 28 jours d'âge)
f_e	limite d'élasticité des aciers passifs
f_{rg}	limite garantie de rupture des aciers de précontrainte
η	coefficient de fissuration des aciers
	$\eta = \begin{cases} 1 \text{ pour les ronds lisses} \\ 1.6 \text{ pour les aciers HA} \end{cases}$
σ_s	contrainte des aciers passifs, atteinte sous la combinaison considérée
$\Delta\sigma_p$	surtension des aciers de précontrainte
$\overline{\Delta\sigma}$	variation de contrainte limite de traction du béton sous la combinaison C5, introduite en donnée ou prise par défaut par le programme égale à $f_{c28}/2$.

2.3. ADAPTATION DU PROGRAMME A D'AUTRES EMPLOIS

Le programme PSIDP-EL, bien qu'il soit conçu dans le cadre de la réglementation française, peut être utilisé moyennant adaptation des données (cf. tableau des données commentées) pour le calcul de tabliers-dalles conforme à d'autres règlements de calcul (relatifs aux charges et au calcul de béton précontraint).

2.4. LIMITES D'EMPLOI DU PROGRAMME

Le programme PSIDP, du fait qu'il utilise la méthode de Guyon-Massonnet-Barès, ne peut être employé valablement que pour des tabliers-dalles de biais et de courbure en plan modérés. De façon plus précise, il est plutôt conseillé pour des biais géométriques supérieurs à 50 grades et des biais mécaniques supérieurs à 65 grades ainsi que des portées angulaires (rapport portées/rayon de courbure) ne dépassant pas 0.3 radian. Pour les tabliers-dalles de biais ou de courbure prononcé, il convient de faire appel à d'autres moyens de calcul plus généraux (tels par exemple que le programme MRB du S.E.T.R.A.) tenant compte notamment des efforts de torsion induits dans le tablier par le biais ou la courbure en plan.

2.5. PRÉPARATION DES DONNÉES POUR UN CALCUL AUTOMATIQUE

Le programme automatique PSIDP calcule et vérifie le câblage (intensité et tracé) et les ferrillages (longitudinal, transversal et vertical) à partir d'une dalle à géométrie imposée. Il ne fait donc pas l'optimisation de l'épaisseur de la dalle. Cette épaisseur est à déterminer par exemple par les abaques présentés dans l'annexe relative au prédimensionnement. Le cas échéant, elle est à corriger, par effet de bombement de la dalle, selon les indications fournies en annexe.

Pour ce qui concerne le calcul automatique, l'acquisition des données s'effectue au moyen des tableaux de données, dont les commentaires sont présentés ci-joint. Ces données permettent de définir :

- l'identité de l'ouvrage et ses caractéristiques géométriques ;
- les caractéristiques des matériaux ;
- les actions, en particulier :
 - . le poids des équipements fixes, qui est à déterminer selon les indications fournies en annexe,
 - . les tassements d'appuis,
 - . les charges d'exploitation ;
- la classe (ou le genre) de justification et les contraintes admissibles associées (études ELS).

En principe, un calcul ou une vérification standard conforme à la réglementation française de charges et de calcul de béton précontraint, nécessite pour l'utilisateur une préparation minimum de données.

2.6. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La note de calculs commentée présentée est destinée à illustrer les résultats des calculs automatiques.

2.7. CALCULS COMPLÉMENTAIRES

Certains calculs non effectués actuellement par le programme PSIDP-EL sont à compléter par l'utilisateur.

Ces calculs qui peuvent être conduits selon les indications fournies en annexe concernent :

- le ferrillage des encorbellements dans le cas de dalles à encorbellements latéraux,
- le ferrillage des renforcements locaux au voisinage des chevêtres incorporés,
- les frettages en zones d'about (notamment de diffusion de la précontrainte).

ACQUISITION DES DONNÉES

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

B - CHARGES D'EXPLOITATION GENERALISEES (CAS DE CHARGES NON CONFORMES AU FASCICULE 61 - TITRE II)

B1	N CAM	NES	TYPES	ES AV	ES AR	LONG ENC	LARG ENC	LARG ES	DYNA	DYNAM	CDTB(1)	CDTB(2)	CDTB(3)	CDTB(4)	CDTB(5)	CDTB(6)	Seulement si chiffre des centaines de B = 1							
B2	ABESS 1		POESS 1		ABESS 2		POESS 2		ABESS 3		POESS 3		ABESS 4		POESS 4		ABESS 5		POESS 5		ABESS 6		POESS 6	
B3	PAS	A(0) <i>Um</i>		A(1) <i>Um</i>		A(2) <i>Um</i>		A(3) <i>Um</i>		A(4) <i>Um</i>		L VOIE	CDTA(1)	CDTA(2)	CDTA(3)	CDTA(4)	CDTA(5)	CDTA(6)	Seulement si chiffre des centaines de A = 1					
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE														
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE														
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE														
B4	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE														

Rappel : Les clés A,B,OE sont définies à la ligne A8

Seulement si chiffre des centaines de CE=1 remplir un nombre de ligne B4 égal à ce chiffre

C - CALCUL BP GENERALISE

Rappel: Les clés GENRE, BP sont définies à la ligne A9

C1	CONTRAINTES-LIMITES EN SECTION D'ENROBAGE				CONTRAINTES-LIMITES HORS SECTION D'ENROBAGE								PRECONTRAINTE				Seulement si chiffre des centaines de GENRE = 0							
C2	Y _{OC} ETAT-LIMITE D'UTILISATION				Y _m ULTIME				Y _{OL} ULTIME				Y _{OC} ULTIME				Effet max				Effet min			
C3	E ₁₂₈				E ₀₂₈				n _i				n _v				Seulement si chiffre des centaines de GENRE = 0 et chiffre des unités de BP = 1				Seulement si chiffre des centaines de GENRE = 0 et chiffre des centaines de BP = 1			

D - COTES NECESSAIRES A LA VERIFICATION D'UN CABLE

(COTES DE L'AXE DU CABLE PAR RAPPORT A LA SOUS DALLE)

D1	P1	0.1l	0.2l	0.3l	0.4l	0.5l	0.6l	0.7l	0.8l	0.9l	P2																																																																				
D2	P2	0.1l	0.2l	0.3l	0.4l	0.5l	0.6l	0.7l	0.8l	0.9l	P3																																																																				
D3	P3	0.1l	0.2l	0.3l	0.4l	0.5l	0.6l	0.7l	0.8l	0.9l	P4																																																																				
D4	P4	0.1l	0.2l	0.3l	0.4l	0.5l	0.6l	0.7l	0.8l	0.9l	P5																																																																				
D5	P5	0.1l	0.2l	0.3l	0.4l	0.5l	0.6l	0.7l	0.8l	0.9l	P6																																																																				
D6	P6	0.1l	0.2l	0.3l	0.4l	0.5l	0.6l	0.7l	0.8l	0.9l	P7																																																																				

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

NOTICE GÉNÉRALE D'EMPLOI DU BORDEREAU DES DONNÉES

1 - Les unités employées dans la présente version sont le mètre (longueurs) et la tonne-force (forces). Les contraintes sont exprimées en tonnes-forces par mètre carré. La correspondance avec les unités légales est la suivante :

$$100 \text{ tf/m}^2 = 0,98 \text{ MPa ou } 1 \text{ tf/m}^2 \# 1 \text{ Kda N/m}^2 \text{ à } 2\% \text{ près}$$

2 - Les données tramées sur le bordereau des données ne sont à remplir ou à modifier que dans les cas particuliers d'emploi du programme automatique. L'utilisateur devra, en ces cas, surcharger la valeur standard préimprimée sur le bordereau des données.

3 - On désigne dans ce texte :

D.C.79 : les Directives Communes relatives au calcul des constructions de 1979.

F.61,II : fascicule 61, titre II du C.C.T.G. relatif au règlement français de charges sur ponts-routes.

B.P.E.L. : règles de calcul françaises de béton précontraint aux états limites.

4 - Le schéma ci-dessous illustre la composition du bordereau des données et le mode d'acquisition de données.

Tableau A
(Données standard)

13 lignes A, à remplir dans tous les cas, comportant, entre autres, les clés A, B, CE, GENRE, BP, CABLAGE.

Tableau B
(Données optionnelles sur les charges)

Lignes optionnelles commandées par les clés A, B, CE

Tableau C
(Données optionnelles sur BP)

Lignes optionnelles commandées par les clés GENRE, BP

Tableau D
(Données optionnelles pour câblage)

Lignes optionnelles commandées par les clés CABLAGE

NOTICE EXPLICATIVE DES DONNÉES

A - DONNÉES GÉNÉRALES

LIGNES A1 et A2

Identité de l'ouvrage à calculer pour sa localisation. (Département, Commune, voiries, n° OA...)

LIGNE A3

Exécution des calculs.

Porter généralement 1 dans toutes les cases de la ligne A3 pour demander l'exécution des calculs correspondants ;

Porter TASMENT= 2 dans le cas où les tassements sont à prendre en compte dans les justifications aux différents états limites. Remplir en ce cas la ligne A12.

LIGNINF	Calculs des équations des lignes d'influence des moments fléchissants, efforts tranchants et réactions d'appui.
EXCENTR	1 : Calcul des coefficients correctifs de répartition transversale selon la méthode de GUYON et MASSONNET. 0 : Le programme utilise les coefficients de répartition transversale lus à la ligne A8.
MOMENT	Calcul des courbes enveloppes des moments longitudinaux.
EFTRAN	Calcul des efforts tranchants extrêmes sur appuis.
RÉAPPUI	Calcul des réactions d'appui globales extrêmes par appui.
MOTRAN	Calcul des moments de flexion transversale (selon la méthode de GUYON et MASSONNET) en milieu de travée.
TASMENT	0 : Pas de calculs 1 : Calcul des moments et réactions sur appuis dus à des dénivellations d'appui unitaires de 1 cm. 2 : En plus, la sécurité vis-à-vis des tassements d'appui introduits en ligne A12 est étudiée. Les sollicitations dues aux tassements probables (ou zéro), considérés comme actions de longue durée, sont prises en compte dans l'étude aux états-limites de service sans modification des contraintes limites.
DIMAP	Dimensionnement des appareils d'appui. Calcul des chevêtres.
CABLAGE	1 : Calcul du câblage dans une dalle donnée ; 4 : Vérification d'un câblage dont on introduit le nombre de câbles (ligne A10) et le tracé (lignes D1 à D6).

FERTRAN	Calcul du ferrailage transversal.
ÉTRIERS	Sécurité vis-à-vis du cisaillement à l'effort tranchant général.
POINÇON	Cisaillement de poinçonnement aux environs des appuis concentrés (non opérationnel).
DÉFORM	Calcul des déformations probables du tablier (flèches et rotations).
AVANT-MÉTRÉ	Avant-métré récapitulatif (béton, coffrages, aciers).
P.P.	Tableau récapitulatif des résultats du programme PSI.DP utilisables en données pour le programme P.P. (Piles et Palées).
DESSIN	Cette donnée commande l'exécution du dessin automatique du câblage (1 : Dessin ; 0 : pas de dessin).

LIGNE A4

IMPRESSION DES RÉSULTATS

Chaque symbole a la même signification que sur la ligne A3 et commande l'impression des résultats.

0 : Seule l'impression des résultats essentiels est assurée.

1 : Les résultats intermédiaires de calcul sont également fournis.

Porter normalement les mêmes chiffres que sur la ligne A3 dans les cases LIGNINF, EXCENTR, MOMENT, MOTRAN de la ligne A4 pour permettre la vérification réglementaire de la note par l'Entrepreneur.

Rappel : Les données tramées du bordereau des données sont à remplir ou à modifier seulement dans les cas particuliers d'emploi du programme.

LIGNE A5

PROFIL EN LONG DE L'OUVRAGE

(cf. dessins joints)

NT	Nombre de travées
BIAIS	Biais géométrique moyen de l'ouvrage (angle en grades entre ses lignes d'appui et son axe longitudinal).
ABOUT	Longueur biaise d'about sur appuis extrêmes (distance mesurée suivant l'axe de l'ouvrage entre la ligne d'appui de rive et l'about de la dalle).
D1... D6	Portées biaises des travées successives. Les remplir toutes, même si l'ouvrage est symétrique. Dans le cas d'ouvrages courbes en plan, introduire les portées développées mesurées sur l'axe de l'ouvrage.
ND1... ND6	ND _i est le nombre d'intervalles en travée i entre les sections équidistantes au droit desquelles on désire la cote de l'axe du câble par rapport à la sous-dalle. On choisira les nombres ND _i de façon que la longueur des intervalles soit voisine de l'espacement des supports de câbles recommandé par la circulaire d'agrément du système de précontrainte retenu. Respecter ND _i ≤ 48.

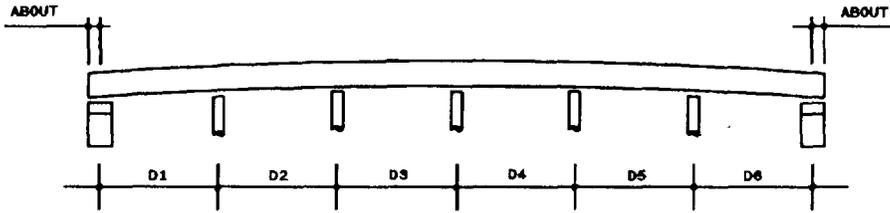
LIGNE A6

PROFIL EN TRAVERS DE L'OUVRAGE

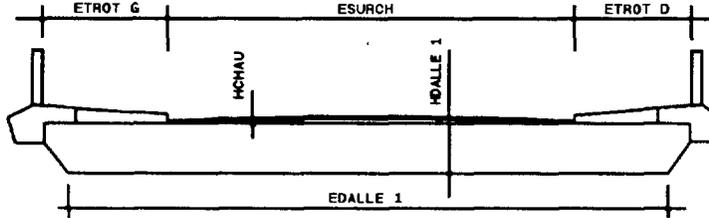
(cf. dessins joints)

NVOIE	Nombre de voies de circulation. N'est à remplir que si le nombre de voies est différent de celui qui résulte de l'application de l'article 2.2 du fascicule 61,II. Exemple : Chaussée de 9 m avec deux voies de circulation seulement ; chaussée bidirectionnelle avec séparateur central.
ETROTG	Largeur utile du trottoir de gauche. Pour un passage inférieur : largeur droite de la bande non chargée située à gauche de la glissière de sécurité de gauche (glissière côté terre-plein central).
EGAU	Lorsqu'il existe un dispositif de retenue (glissière ou barrière), largeur de la bande non chargée côté chaussée, le long du dispositif de retenue (0,50 m) ; sinon porter 0.
ESURCH	Largeur chargeable, telle qu'elle est définie par l'article 2 du titre II du fascicule 61.
EDROI	Lorsqu'il existe un dispositif de retenue (glissière ou barrière), largeur de la bande non chargée côté chaussée, le long du dispositif de retenue (0,50 m) ; sinon porter 0.
ETROTD	Largeur utile du trottoir de droite. Pour un passage inférieur : Largeur droite de la bande non chargée située à droite de la glissière de sécurité de droite.
HCHAU	Epaisseur moyenne de béton équivalent au renformis (éventuel), à la chape et à la chaussée.
SYMTAB	Symétrie transversale du profil en travers. Porter 1 si ETROTG = ETROTD et EGAU = EDROI - Porter 0 dans les autres cas. (cf. dessins).
DISEXT	Distance de l'axe mécanique à l'axe géométrique de l'extrados de la dalle. (cf. dessins)
DISINT	Distance de l'axe mécanique à l'axe géométrique de l'intrados de la dalle. (cf. dessins)
NF	Donnée relative aux fibres étudiées pour la flexion transversale. 1 : Les calculs sont effectués pour la fibre 1, axe mécanique de la dalle. 2 : Les calculs sont effectués pour la fibre 1, et pour les fibres 2 et 3 à $\pm EDALLE/4$ de l'axe mécanique de la dalle. 3 : Les calculs sont effectués pour la fibre 1, les fibres 2 et 3 et les fibres 4 et 5 à $\pm 3 EDALLE/8$ de l'axe mécanique de la dalle.

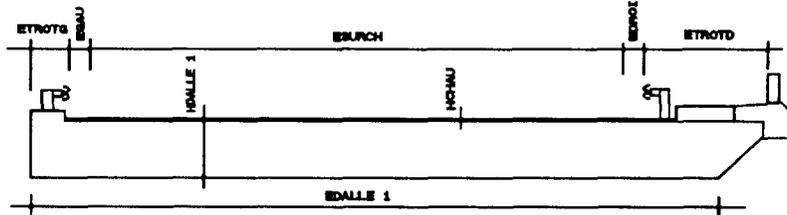
PROFIL EN LONG



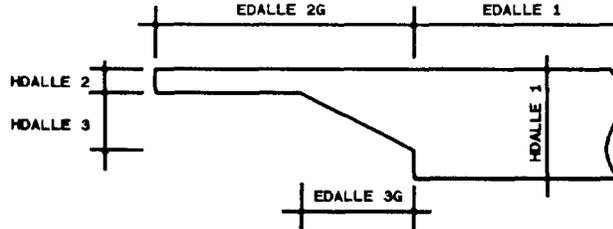
PASSAGE SUPERIEUR



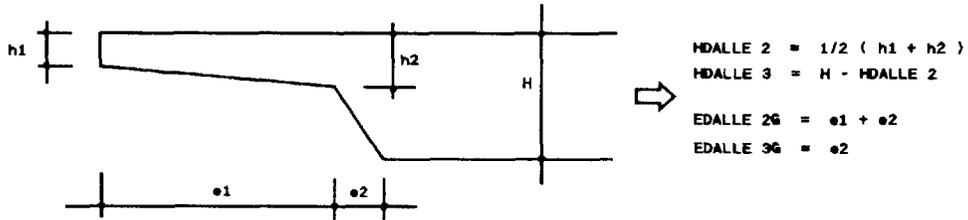
PASSAGE INFERIEUR



DETAIL D'UN ENCORBELLEMENT



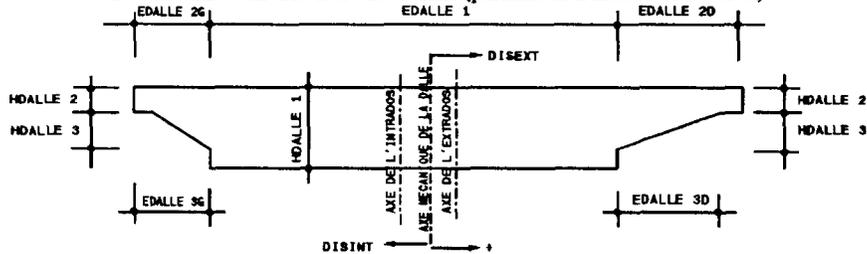
APPLICATION A UN CAS COURANT



NOTA IMPORTANT

$E DALLE 2 = E DALLE 2G + E DALLE 2D$
 $E DALLE 3 = E DALLE 3G + E DALLE 3D$
 H DALLE 1 et H DALLE 2 sont à ajuster si l'ossature résistante est bombée

DISSYMETRIE TRANSVERSALE (paramètres DISEXT et DISINT)



YY(2) Normalement porter 0. Des valeurs différentes de 0 seront à porter pour certains profils
YY(3) d'ouvrages exceptionnels : ponts plus larges qu'un pont normal d'autoroute, profils en travers
YY(4) plus dissymétriques qu'un tablier de P.I., largeurs de trottoirs très faibles.
YY(5)

Si YY(2) $\neq 0$, les coefficients K de répartition transversale seront étudiés pour les fibres 1 (bord gauche du trottoir gauche), et les fibres 2, 3, 4, 5 définies au bordereau des données dans les cases YY(2), YY(3), YY(4), YY(5) par leurs distances au bords gauche du trottoir gauche.

LIGNE A7 CARACTÉRISTIQUES DE LA COUPE TRANSVERSALE DE LA STRUCTURE PORTEUSE

(Cf. dessins joints)

Cette ligne utilise les éléments de définition de la coupe transversale schématisée sur les dessins joints.

HDALLE 1 Epaisseur de la dalle résistante.
Lorsque la coupe transversale comporte des encorbellements latéraux, HDALLE 1 est l'épaisseur du béton de la nervure.

HDALLE 2 Epaisseur à l'extrémité des encorbellements latéraux de la dalle. Ces épaisseurs (HDALLE 1 et HDALLE 2) sont à majorer si la dalle est bombée pour prendre en compte une épaisseur moyenne (cf. annexe).

HDALLE 3 Epaisseur verticale du flanc qui peut exister entre l'encorbellement et le corps de la dalle.

EDALLE 1 Largeur droite d'intrados entre encorbellements (largeur entre arêtes inférieures).

EDALLE 2 Largeur droite **cumulée** des encorbellements

EDALLE 3 Largeur droite **cumulée** des flancs obliques

Le programme utilise ces caractéristiques géométriques pour les études ci-après :

- Calcul des coefficients correctifs de répartition transversale selon la méthode de GUYON-MASSONNET-BARES.
- Calcul du ferrailage longitudinal.
- Justifications de l'équilibre mécanique de la section fissurée relevant de la classe III - BPEL.
- Vérifications de l'état-limite ultime de résistance.
- Calculs de la flexion transversale et du ferrailage transversal.
- Sécurité vis-à-vis de l'effort tranchant général.

En revanche, si la structure calculée s'écarte de la définition d'une dalle et est définie par les données suivantes, aucune de ces études n'est faite par le programme.

Le programme de calcul PSI.DP permet également le calcul des efforts et la recherche de la précontrainte pour un tablier de section quelconque mais d'inertie constante. Dans ce cas, la structure est à définir par ses seules caractéristiques mécaniques : il ne faut rien mettre dans les cases précédentes de la ligne A7 mais remplir les cases suivantes :

S Aire de la section brute de béton de la coupe transversale
I Inertie brute de la section béton
V Distance du centre de gravité (de la section brute) à la fibre supérieure.
V' Distance du centre de gravité (de la section brute) à la fibre inférieure.

LIGNE A8

DÉFINITION DES CHARGES

- STATUT** Porter 100, 200, 300, selon que le pont est de 1°, 2° ou 3° classe (F 61.II art.3).
La valeur 000 de STATUT correspond à un calcul selon le Fascicule 61, titre II de 1960.
- MASVOL** Valeur probable de la masse volumique du béton.
N'est à remplir que si la masse volumique du béton est différente de la valeur 2,5 t/m³ fixée à l'article 4.1 des D.C.79 (cas d'emploi de bétons légers par exemple).
- OSSAM**
(resp.OSSAm) Coefficients multiplicateurs pour le calcul de la valeur caractéristique maximale (resp.minimale) du poids de l'ossature.
- QSUPTM**
(resp.QSUPTm) Valeur caractéristique maximale (resp.minimale) du poids des superstructures (équipements fixes de toute nature ne concourant pas à la résistance de l'ouvrage). Se reporter à l'annexe 2 pour le calcul de QSUPTM et QSUPTm.

Définition des charges d'exploitation

La définition et les conditions d'admission des charges d'exploitation, réglementaires et généralisées, sont exposées en détail dans la présentation.

- A** **Charges de type A** (F 61, II art.4).
- 001 - La charge A (l) est une charge réglementaire définie au F 61,II.
- 100 - La charge A (l) est une charge généralisée, définie par l'utilisateur en ligne B3 (ex : passerelle piétons, voie ferrée, tranchée couverte).

- B** **Charges du type B** (F 61,II art.5).
- 001 - Camions BC et tandems Bt (suivant la classe du pont, définis au F 61,II).
- 100 - L'ouvrage est étudié sous l'effet des seuls camions généralisés BG qui sont à définir par l'utilisateur en lignes B1 et B2 (ex : engins de terrassement).
- 101 - L'ouvrage est étudié sous l'effet de la charge B du F 61, II et des camions généralisés BG.
- Si B = 100 ou 101, penser à remplir les deux lignes B1 et B2.

- CE** **Charges de caractère particulier**
(convois militaires, charges exceptionnelles)
- La donnée CE est de la forme imj, chaque caractère correspondant à un type de charges de caractère particulier :
- i - charges généralisées de caractère particulier ; ces charges viennent en plus des charges militaires ou exceptionnelles de type D et E et sont affectées dans les combinaisons d'actions des mêmes coefficients de prise en compte γ . Par exemple : convois de transport exceptionnel définis par la lettre-circulaire R/EG.3 du 20 Juillet 1983.
 - m - chargee exceptionnelles (F 61,II art.10)
 - j - charges militaires (F 61, II art.9)

Le programme permet de prendre en compte au maximum quatre charges de caractère particulier.

- $$i \left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ pas de charge généralisée de caractère particulier} \\ i \text{ : } i \text{ charges généralisées de caractère particulier.} \\ \text{Penser alors à remplir les lignes B4 correspondantes. (i lignes)} \end{array} \right.$$

$m \begin{cases} 0 & \text{pas de charge exceptionnelle} \\ 1 & \text{convoi exceptionnel de type D du F.61,II} \\ 2 & \text{convois exceptionnels de types D et E du F.61,II} \end{cases}$

$j \begin{cases} 0 & \text{pas de charges militaires} \\ 3 & \text{charge militaire Mc80 du F.61,II} \\ 4 & \text{charge militaire Mc120 du F.61,II} \end{cases}$

Exemple : La valeur 124 de imj correspond à l'admission sur l'ouvrage d'une charge généralisée dont les caractéristiques seront à définir en ligne B4 (1 ligne), les convois exceptionnels D et E et le convoi militaire MC 120.

PSTROT

Charge générale des trottoirs

Indiquer 0 dans le cas d'une plateforme autoroutière
Indiquer 0.150 dans le cas de voirie ordinaire.

$\Delta\theta$ Gradient thermique global (en degrés centigrades) à prendre en compte dans les justifications à l'état limite de service (flexion longitudinale).

ψ_{θ} Fraction du gradient thermique à prendre en compte dans la combinaison rare d'actions (en présence des charges d'exploitation).

Nota : $\Delta\theta$ et ψ_{θ} ne sont pas opérationnels actuellement.

KA, KBC, KBT, KCM, KTR Coefficients correctifs de répartition transversale, relatifs respectivement à la charge A, à la charge Bc, à la charge Bt, au char militaire, à la charge des trottoirs. Ces cinq coefficients sont à définir si, et seulement si, on ne désire pas que les coefficients correctifs de répartition transversale soient calculés par la méthode de GUYON et MASSONNET et que l'on a en conséquence porté 0 dans la case EXCENTR de la ligne A3. Le programme ne considère qu'une seule valeur par type de charge, valable pour l'ensemble de l'ouvrage.

Pour A et Bc, ces coefficients doivent tenir compte non seulement de la majoration due à l'excentrement des charges, mais aussi des coefficients a_1 et bc fonction du nombre de voies surchargées donnant l'effet le plus défavorable. Plus précisément, il faut pour les différentes fibres longitudinales considérées, NVOIE étant le nombre de voies, calculer les coefficients d'excentrement KA(i) (ou KBC(i)) des différentes voies de circulation (ou files de camions) successifs, comparer les quantités

$$\frac{a_1(i) \times \sum^i KA(j)}{NVOIE} \quad \text{ou} \quad \frac{bc(i) \times \sum^i KBC(j)}{NVOIE}$$

et retenir les plus grandes de ces quantités pour les reporter dans les données KA et KBC. En général, les coefficients KA et KBC sont de la forme $a_1(NVOIE)^{\epsilon_1}$ et $bc(NVOIE)^{\epsilon_2}$.

LIGNE A9

CLASSE DE VÉRIFICATION - CONTRAINTES ADMISSIBLES

(étude à l'état-limite de service)

Genre 101 : L'ouvrage est justifié selon la classe 1 (cas non courant) des règles BPEL.
201 : L'ouvrage est justifié selon la classe 2 des règles BPEL
301 : L'ouvrage est justifié selon la classe 3 des règles BPEL
001 : Classe extra-réglementaire dont les contraintes admissibles sont à définir dans la ligne C1.

BP	Cette donnée n'est à remplir que si l'on est en classe extra-réglementaire définie ci-dessus et que l'on souhaite également modifier divers coefficients tels les coefficients ou (et) les modules d'élasticité du béton. (cf. plus loin l'usage de cette donnée).
ψ_1	Fraction de charges d'exploitation sans caractère particulier à prendre en compte dans la combinaison d'actions fréquente pour l'étude à l'état limité de service. Introduire la valeur de ψ_1 pondérée par 1,20.
POISSON	Coefficient de Poisson du béton. Porter normalement la valeur 0,20.
f_{cj}	Résistance caractéristique du béton en compression à la mise en précontrainte
f_{c28}	Résistance caractéristique du béton en compression à 28 jours.
	Limites d'élasticité nominales des aciers utilisés en armatures passives :
f_{e1}	1° - pour les ferraillements longitudinaux et transversaux
f_{e2}	2° - pour les armatures verticales (cadres et étriers)
η	Coefficient de fissuration relatif aux aciers passifs. Porter normalement $\eta = 1,6$

LIGNE A10

ACIER DE PRÉCONTRAINTÉ

PROCÉDÉ	Procédé de précontrainte Inscrire le nom du procédé utilisé en toutes lettres, blancs compris, centré à l'intérieur des dix colonnes Exemples : FREYSSINET, VSL, CCL, LH, PAC, SEEE
UNITÉ	Unité de précontrainte Inscrire l'unité choisie en tous caractères (chiffres, lettres), blancs compris, centré à l'intérieur des huit colonnes. Exemple : 12 T 13, 5.12, 12 T 15, 6.12.
f_{prg} f_{pcg}	Contrainte de rupture garantie de l'acier de précontrainte. Contrainte caractéristique de déformation garantie de l'acier de précontrainte.
σ_{po}	Tension initiale à l'origine : c'est la plus petite des valeurs suivantes : $0,80.f_{prg}$ et la contrainte initiale maximale agréée pour l'armature de précontrainte utilisée.
E_p	Module d'élasticité de l'acier de précontrainte. En général $E_p = 20\,400\,000\text{ t/m}^2$, pour les fils et les barres et $E_p = 19\,400\,000\text{ t/m}^2$, pour les torons ou les câbles toronnés ou torsadés.
NCAB	Nombre d'armatures. Inscrire le nombre d'armatures de précontrainte seulement dans le cas d'une vérification d'un câblage donné par points. Dans tous les cas, le programme compare cette valeur introduite en données et le nombre théorique résultant du calcul pour en retenir le plus grand des deux.
SECAB	Section d'acier d'une armature en mm^2 (c'est la seule donnée n'utilisant pas la tonne et le mètre).
DGAINE	Diamètre d'encombrement de la gaine exprimé en mètre.
COUVS (resp.COUVI)	Couverture minimale de béton au-dessus (resp. en dessous) de la gaine en son point haut (resp. bas). Dans le cas de dalle bombée, corriger la valeur de COUVS selon la disposition transversale de câbles au point haut de leur tracé.

DÉCALAGE	Ecart existant dans les parties les plus courbes du câble entre le centre de gravité des aciers et l'axe de la gaine (armatures sans espaçateur d'acier). Valeur conseillée 0,11 DGAINÉ
RAYMIN	Rayon de courbure minimal des gaines à respecter pour la définition du tracé du câblage.

LIGNE A11

ELEMENTS DE CALCUL DES PERTES DE TENSION

MODE	<p>Nature des ancrages. Dans tous les cas, les câbles sont filants d'une extrémité à l'autre de l'ouvrage.</p> <p>Porter 0 ou 3 si les câbles sont à mettre en tension par leurs deux extrémités (tous les ancrages sont alors actifs).</p> <p>Porter 1 si tous les câbles sont tirés par leurs extrémités gauche seulement.</p> <p>Porter 2 si tous les câbles sont tirés par leurs extrémités droite seulement.</p> <p>Porter 4 si les câbles sont tirés alternativement une unité sur deux par l'une de leurs extrémités.</p> <p>Le sens gauche-droite de l'ouvrage est défini une fois pour toute par l'ordre de définition des différentes travées en ligne A5. (le côté gauche étant le côté de la travée 1).</p> <p>Perte par frottement :</p>
f	Coefficient de frottement dans les courbes.
φ	Coefficient de perte par déviation parasite (perte relative de tension par mètre). Corriger la valeur de φ dans le cas des ponts courbes en plan par $\varphi' = \varphi + f/R$, R étant le rayon de courbure en plan pris dans l'axe de l'ouvrage. Introduire φ' (au lieu de φ) en donnée.
RECLAN	<p>Perte par blocage : Rentrée d'ancrage au moment du report de l'effort de traction de l'armature sur le béton aux abouts.</p>
ε_{r0}	<p>Perte par retrait du béton : Raccourcissement relatif de retrait du béton (en 10^{-4}) à prendre en compte dans les calculs de pertes différées de précontrainte. Normalement sa valeur est égale à $\varepsilon_{r0} = \varepsilon_r [1 - r(t_0)]$ avec :</p> <p>ε_r, retrait final du béton,</p> <p>$r(t)$ fonction du temps qui varie de 0 à 1 quand le temps t varie de 0 à l'infini à partir du bétonnage, t_0 âge du béton au moment de la mise en précontrainte.</p> <p>Valeurs conseillées :</p> <p>3.10⁻⁴ dans le quart sud-est de la France 2.10⁻⁴ dans le reste de la France.</p>
ρ_{1000}	<p>Perte par relaxation des aciers Valeur escomptée de la relaxation à 1000 heures correspondant à la sous-classe de l'acier de précontrainte utilisée (TBR, RN).</p> <p>Sous-classe conseillée : très basse relaxation (TBR). ($\rho_{1000} = 2,5\%$) ; le supplément de coût des armatures à très basse relaxation est largement compensé par la minoration des pertes différées et par voie de conséquence des aciers de précontrainte à mettre en oeuvre. Bien entendu, l'exécution devra être conforme.</p>

μ_o	Valeur servant à calculer la perte par relaxation et varie en fonction de la sous-classe de l'acier de précontrainte ($\mu_o = 0.43$ pour la sous-classe TBR).
K Fluage	Perte par fluage du béton Facteur de calcul du fluage du béton. Une valeur de 2 est à appliquer dans les cas courants. Si une plus grande précision est recherchée ou si la précontrainte est appliquée à un béton très jeune, K fluage est à évaluer au moyen de l'annexe des règles BPEL.
r(j)	A la mise en service de l'ouvrage Fraction des pertes de tension différées déjà effectuées à la mise en service de l'ouvrage (j jours après la mise en tension des armatures). Une valeur égale à 0,50 est à appliquer dans les cas courants et correspond à une mise en service de l'ouvrage à 90 jours après la mise en précontrainte (ou postérieure).

LIGNE A12

TASSEMENT DES APPUIS

Cette ligne est à remplir seulement si la donnée TASEMENT de la ligne A 3 vaut 2.

$\bar{\Delta}\sigma$	Limite de variation de la contrainte admissible de traction du béton de l'ouvrage, en présence des tassements aléatoires vis-à-vis de la combinaison rare d'actions.
YOUNG	Valeur comprise entre 3 et 4 servant à déterminer la valeur $E_{i28}/YOUNG$ du module de déformation du béton utilisé par le programme dans le calcul des efforts dus aux tassements des appuis, E_{i28} étant la valeur du module de déformation instantanée du béton à 28 jours. Sauf précisions contraires du Marché, porter YOUNG $1 + K_{fluage}$, K_{fluage} ayant la valeur définie en ligne A 11.
KTP	Fraction des tassements à prendre en compte dans l'étude ELS.
TP _i	Tassement probable de l'appui i
ΔTP_i	Tassement supplémentaire aléatoire de l'appui i

LIGNES A13

DIMENSIONNEMENT DES APPAREILS D'APPUIS

COMPREN V (resp.COMPREB V)	Contrainte minimale admissible de compression moyenne des appareils d'appui en élastomère (resp. en section rétrécie de béton). C'est la limite inférieure en dessous de laquelle il y a risque soit de cheminement (appareils d'appui en élastomère), soit de tenue insuffisante vis-à-vis des cisaillements sous les déformations dues au freinage, retrait, fluage... Valeurs conseillées (en l'absence de précisions du Marché) : $COMPREN V = 250 \text{ t/m}^2$, $COMPREB V = 2000 \text{ t/m}^2$
COMPREN S (resp.COMPREB S)	Contrainte maximale admissible de compression moyenne des appareils d'appui en élastomère (resp. en section rétrécie de béton). C'est la limite supérieure au-dessus de laquelle il y a risque soit de désordres dus à la compression excessive de l'élastomère ou du béton, soit de volume trop important de frettes à mettre en oeuvre dans le béton voisin des appareils d'appui. Valeurs conseillées (en l'absence de précisions du Marché) : $COMPREN S = 1500 \text{ t/m}^2$, $COMPREB S = 3500 \text{ t/m}^2$
SYMAP	Symétrie longitudinale des appareils d'appui : 0 - pas de symétrie, 1 - symétrie longitudinale, 2 - les appareils d'appui sur les appuis intermédiaires sont tous identiques.

TYPAP

Type de l'appareil d'appui utilisé :

- 0 - articulation FREYSSINET,
- 1 - appareil d'appui en élastomère fretté,,
- 2 - autre type d'appareil d'appui.

NAP

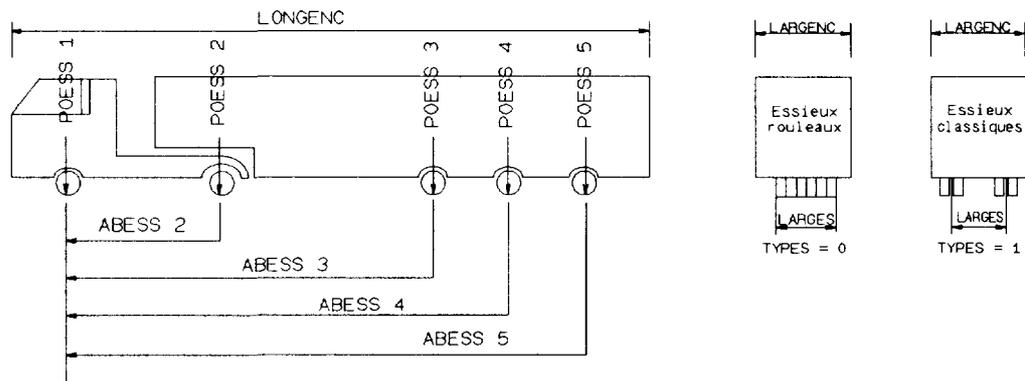
Nombre d'appareils d'appui sur la ligne d'appui considérée.

B - CHARGES D'EXPLOITATION GÉNÉRALISÉES (Option)

LIGNE B1

CHARGES B GÉNÉRALISÉES

Ligne à remplir seulement si le chiffre des centaines de la donnée B (cf. ligne A 8) vaut 1.



NCAM	Nombre de véhicules par voie de circulation ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 3.
NES	Nombre d'essieux par véhicule ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 6.
TYPES	1 : Essieu classique composé de deux roues 0 : Essieu du type rouleau A noter que tous les essieux doivent être du même type.
ESAV ESAR	Dans le calcul de la flexion transversale pour la surcharge du type B, les essieux de numéro ESAV à ESAR (bornes comprises) sont pris en compte.
LONG ENC	Longueur d'encombrement d'un véhicule
LARG ENC	Largeur d'encombrement d'un véhicule
LARG ES	Largeur de l'essieu type rouleau (si TYPES = 0) ou distance d'axe à axe des deux roues d'un même essieu (si TYPES = 1).
DYNA	1 : le coefficient de majoration dynamique doit être lu dans la case DYNAM. 0 : le coefficient de majoration dynamique est calculé selon les dispositions prévues par le règlement (F 61,II) pour le système Bc.
DYNAM	Donnée à remplir seulement si DINA = 1 Valeur du coefficient de majoration dynamique valable pour l'ensemble de l'ouvrage. Prendre la valeur enveloppe pour l'ensemble des travées pour être dans le sens de sécurité tant vis-à-vis de la flexion longitudinale que vis-à-vis de la flexion transversale.
CDTB(i)	Coefficient bc relatif aux camions B pour i files considérées. Si le nombre de files de camions NFC est inférieur au nombre de voies de circulation, porter 0 dans les coefficients CDTB(i) pour $i > \text{NFC}$.

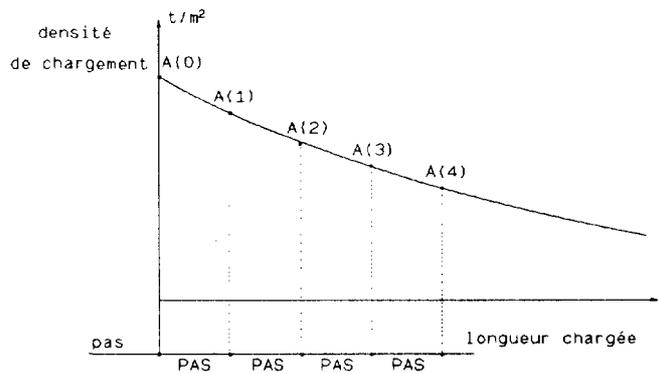
LIGNE B2

ABESS_i La ligne B2 définit longitudinalement le véhicule en précisant les abscisses et poids de chaque essieu par rapport à une origine donnée. On prendra l'essieu avant du véhicule comme essieu d'origine (ES(1) abscisse 0) ; les essieux seront numérotés dans l'ordre et on fournira pour chacun d'eux son abscisse (ABESS_i) par rapport à l'essieu d'origine et son poids (POESS_i).

LIGNE B3

CHARGES A GÉNÉRALISÉES

Cette surcharge généralisée n'est prise en compte que si le chiffre des centaines de A est égal à 1 (cf. ligne A 8).



PAS La ligne B3 définit une charge A généralisée à partir de données supplémentaires que sont, pour une longueur unitaire PAS exprimée en mètre, les charges générales de chaussée A(0), A(1), A(2), A(3), A(4) pour une longueur chargée de 0, PAS, 2 PAS, 3 PAS, 4 PAS. Adopter normalement pour PAS une valeur entière voisine du quart de la somme des deux plus grandes portées adjacentes.

LVOIE Largeur nominale d'une voie v_0 (cf. § 4.2 du fascicule 61, II).

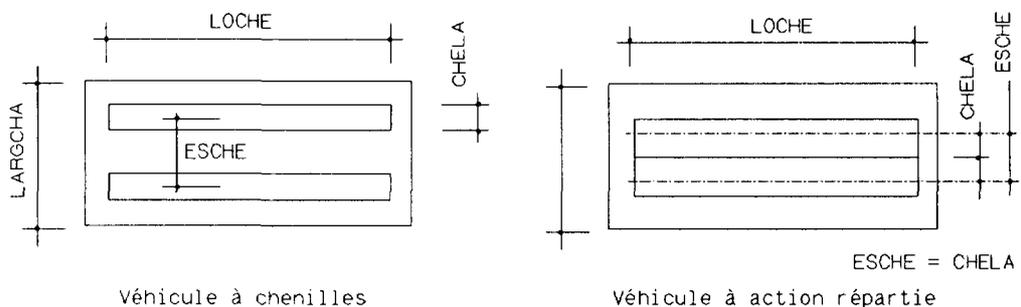
CDTA(i) Coefficient a_i relatif à la charge A correspondant à i voies chargées

LIGNE(S) B4

CHARGES GÉNÉRALISÉES DE CARACTÈRE PARTICULIER

A remplir seulement si le chiffre des centaines de CE (Cf. ligne A8) est supérieur ou égal à 1.

Remplir un nombre de lignes B4 égal à ce chiffre. Chacune d'elles décrit une charge généralisée de caractère particulier sous forme de convoi de deux véhicules identiques analogues aux charges militaires.



TITRE	Identification en caractère alphanumériques du convoi (6 caractères).
IDYCHA	1 : Le coefficient de majoration dynamique de la charge généralisée valable pour l'ensemble de l'ouvrage doit être lu dans la donnée DYCHA suivante. 0 : Les coefficients de majoration dynamique sont calculés suivant les dispositions du fascicule 61, II prévues pour les charges militaires.
DYCHA	Si IDYCHA = 1, valeur du coefficient de majoration dynamique, valable pour l'ensemble de l'ouvrage, applicable à la charge généralisée.
POICHA	Masse totale de chacun des deux véhicules
LMAX LMIN	Distance entr'axes maximale (resp.minimale) des impacts des deux véhicules.

CAS PARTICULIERS :

Lorsque $L_{MAX} = L_{MIN}$, ces données correspondent à un entr'axe constant à respecter entre les deux véhicules.

Lorsque $L_{MAX} = L_{MIN} \geq 100m$, un seul véhicule est pris en compte dans le calcul des efforts.

LARGCHA	Largeur d'encombrement du véhicule. Elle est égale à deux fois la distance minimale entre l'axe longitudinal de la charge et le bord de la largeur chargeable.
LOCHE	Longueur d'une chenille
CHELA	Largeur d'une chenille
ESCHE	Distance d'axe en axe des deux chenilles. Pour un véhicule à action répartie, comme par exemple, l'une des remorques de la charge exceptionnelle type D ou E, prendre $ESCHE = CHELA = \text{demi-largeur d'impact (cf. figure)}$.

C - ÉTUDES B P EXTRA-RÉGLEMENTAIRES (Option)

LIGNE C1 CONTRAINTES LIMITES DÉFINISSANT LA CLASSE DE VÉRIFICATION

Remplir seulement si le chiffre des centaines de GENRE vaut 0

Convention de signe :

Les contraintes de compression sont positives et les contraintes de traction sont négatives

Contraintes admissibles en section d'enrobage

$\bar{\sigma}_j$	Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage en situation de construction.
$\bar{\sigma}_{Q_L}$	Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage sous les charges quasi-permanentes, c'est-à-dire les charges permanentes plus s'il y a lieu les tassements probables (combinaison quasi-permanente).
$\bar{\sigma}_\psi$	Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage sous la combinaison des charges quasi-permanentes et de la fraction ψ_1 des charges d'exploitation sans caractère particulier (combinaison fréquente).
$\bar{\sigma}_{\min}$	Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage de l'ouvrage en service toutes pertes déduites et en l'absence des tassements aléatoires (combinaison rare).
$\bar{\sigma}_{j,2}$	Contraintes limites hors section d'enrobage
$\bar{\sigma}_{Q_L,2}$	Mêmes significations que celles des contraintes plus haut mais ici relatives à la section d'enrobage.
$\bar{\sigma}_{\psi,2}$	
$\bar{\sigma}_{\min,2}$	
γ_{bj} (resp. γ_{bv})	Coefficient définissant $\frac{f_{cj}}{\gamma_{bj}}$ (resp. $\frac{f_{c2B}}{\gamma_{bv}}$), contrainte limite de compression du béton à la mise en tension (resp. en service toutes pertes déduites).
$\bar{\sigma}_{s,j}$	Contrainte admissible de traction des aciers passifs à la mise en tension des câbles.
$\bar{\sigma}_{s,v}$	Contrainte admissible de traction des aciers passifs vis-à-vis de la combinaison rare en situation d'exploitation.
$\bar{\sigma}_{s,\psi}$	Contrainte admissible de traction des aciers passifs de précontrainte vis-à-vis de la combinaison fréquente.

LIGNE C2

DIVERS COEFFICIENTS

A remplir seulement si le chiffre des centaines de GENRE vaut 0 et le chiffre des centaines de BP - ligne 9 - vaut 1.

$\gamma_Q(ELS)$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{COEFCA} \\ \text{COEFCB} \\ \text{COEFCM} \\ \text{COEFTR} \end{array} \right.$	Coefficient de prise en compte des charges d'exploitation pour les justifications aux états-limites de service relatives aux charges A, B, char et trottoirs.
$\gamma_m(ELU)$	$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_s \\ \gamma_p \\ \gamma_b \end{array} \right.$	Coefficients d'affinité servant à définir les diagrammes de calcul de contrainte-déformation des matériaux que sont respectivement l'acier de ferrailage longitudinal, l'acier de précontrainte et le béton en vue de la justification aux états-limites ultimes
η_{\min} η_{\max}		Coefficient dont la valeur dépend de la durée de chargement, soit de courte durée pour η_{\min} (cas des charges d'exploitation), soit de longue durée pour η_{\max} (cas des charges permanentes). Le produit $\eta \cdot \gamma_s$ définit le coefficient d'affinité entrant dans la détermination du diagramme contrainte-déformation du béton.
$\gamma(ELU)$	$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_{F3} \\ \gamma_{FIGMAX} \\ \gamma_{FIGMIN} \\ \gamma_{QCA} \\ \gamma_{QCB} \\ \gamma_{QCM} \\ \gamma_{QT} \end{array} \right.$	Coefficient d'ensemble d'évaluation des sollicitations Coefficients γ de prise en compte des charges permanentes Coefficients γ de prise en compte des charges d'exploitation (A, B, char, trottoirs, respectivement).
P_{o1} DP_1	$\left. \right\} P_1$	Coefficient servant à déterminer les valeurs caractéristiques maximales et minimales de l'action due à la précontrainte.
P_{o2} DP_2	$\left. \right\} P_2$	$\sigma_{p1} = P_{o1} \cdot \sigma_{po} - DP_1 \cdot \Delta\sigma_p \rightarrow P_1$ (valeur maximale) $\sigma_{p2} = P_{o2} \cdot \sigma_{po} - DP_2 \cdot \Delta\sigma_p \rightarrow P_2$ (valeur minimale)

LIGNE C3

DIVERS MODULES D'ÉLASTICITÉ DU BÉTON

Cette ligne est à remplir lorsque les modules de déformation du béton ou lorsque les coefficients d'équivalence ont des valeurs différentes de celles obtenues réglementairement (A remplir seulement si le chiffre des centaines de GENRE vaut 0 et le chiffre des unités de BP - ligne A9 - vaut 1).

E_{ij}	Module d'élasticité de déformation instantanée du béton à la mise en tension des câbles.
E_{i28}	Module de déformation instantanée en service
E_{v28}	Module de déformation différée totale.

E_f	Module de déformation différée par fluage
n_v	Coefficient d'équivalence acier-béton correspondant aux déformations différée et instantanée du béton entrant dans la justification de l'équilibre mécanique des sections fissurées ainsi que dans la détermination de la déformation de la section jusqu'à la décompression du béton.
n_i	

D - VÉRIFICATION D'UN CABLAGE (Option)

Ces lignes sont à remplir lorsque la donnée CABLAGE de la ligne A3 vaut 4.. Le tracé de câblage à vérifier est introduit par les cotes de l'axe du câble moyen par rapport au fond de moule dans tous les 1/10 de travée (une ligne par travée, 11 cotes du câbles par travée).

Attention : Les cotes à introduire correspondent à l'axe des aciers de précontrainte et non à l'axe de la gaine.

REGLES BAEL

Comparaison BAEL 83 - BAEL 91

CHAPITRE A.2 : MATERIAUX

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.2.1,11	f_{cj}	$j < 28$ jours	$0,685 f_{c28} \log(j+1)$	$f_{c28} \leq 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $f_{c28} > 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} f_{c28}$
		$j > 28$ jours • cas courants	$f_{cj} = f_{c28}$	$f_{cj} = f_{c28}$
		• pour des bétons non traités thermiquement dont $f_{c28} \leq 40$ MPa et pour des vérifications autres que la résistance des sections.	$f_{cj} = f_{c28}$	$j < 60$ jours $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $j \geq 60$ jours $f_{cj} = 1,10 f_{c28}$
A.2.1,12	f_{ij}	$f_{ij} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$ valable pour	$f_{cj} \leq 40$ MPa	$f_{cj} \leq 60$ MPa
A.2.1,22	Retrait	ϵ_r (en 10^{-4}) selon le climat.	2 France sauf quart sud-est 3 France quart sud-est	1,5 très humide 2 humide (France sauf quart sud-est) 3 sud-est) 4 tempéré sec (France quart sud-est) 5 sud-est) chaud et sec très sec ou désertique
A.2.1,3	Poisson		$\nu = 0,2$ ELS $\nu = 0,0$ ELU	$\nu = 0,0$ sollicitations (ELS et ELU) $\nu = 0,2$ déformations (ELS et ELU)

CHAPITRE A.4 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.4.1,3	poutre en T	Largeur de la table de compression	$\frac{\sum \text{portées}}{40} + \frac{2}{3} \text{distance à l'appui}$	condition supprimée
A.4.3,41	σ_{bc} (ELU)	Introduction de θ fonction de la durée de la combinaison d'actions (ponts-routes < 1h)	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\gamma_b}$	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $\theta = 0,85$ si au moins une durée < 1 h $\theta = 0,90$ si au moins une durée entre 1 et 24 h $\theta = 1,00$ si toutes durées > 24 h
		Réduction de γ_b (combinaisons fondamentales) des pièces massives ou fabriquées en usine avec contrôle interne	γ_b peut être réduit	γ_b peut être réduit à 1,3 pour les justifications du seul article A.4.3
A.4.3,5	Flexion composée	Excentricité pour stabilité de forme	$e = e_1 + e_a + e_2$	$e = e_1 + e_2$ e_1 (premier ordre) inclut e_a (additionnelle)
A.4.4,3	stabilité de forme	Pour une ossature, inclinaison d'ensemble	0,010 rd	0,010 rd si un étage avec charges en haut 0,005 autres cas
A.4.5,3	fissuration (ELS)	Principe de justification		dépend de l'environnement la nature de la structure l'utilisation de l'ouvrage la limite élastique des aciers des expériences analogues
		Définition des cas PP, P, TP		renvoyé en B.2.4 sauf pour les <u>Ponts-routes</u> : peu préjudiciable milieu peu agressif formes simples $f_c \leq 400\text{MPa}$ préjudiciable milieu moyennement agressif ouvrages minces tirants nombreuses reprises très préjudiciable milieu très agressif
		Vocabulaire	peu nuisible	peu préjudiciable
		Fissuration préjudiciable	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_c}{3}, 150 \eta \text{ MPa} \right)$	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_c}{3}, 110 \sqrt{\eta f_y} \text{ MPa} \right)$
		Fissuration très préjudiciable	$\sigma_s = \min (0,5 f_c, 110 \eta \text{ MPa})$	$\sigma_s = \min (0,5 f_c, 90 \sqrt{\eta f_y} \text{ MPa})$
		Coefficient de fissuration	$\eta = 1$	$\eta = 1$
		HA	η fixé par fiche d'identification	$\eta = \begin{cases} 1,6 \text{ pour } \phi \geq 6 \text{ mm} \\ 1,3 \text{ pour } \phi < 6 \text{ mm} \end{cases}$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES

CHAPITRE A.5.1 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS D'EFFORT TRANCHANT

Article			BAEL 83	BAEL 91	
A.5.1,1	pièces comprimées	Pas de vérification si	$\tau_u \leq \min (0,04 f_{cj}, 1,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,06 f_{cj}}{\gamma_b}, 1,5 \text{ MPa} \right)$	
A.5.1,2	charges	Non prise en compte des charges près des appuis pour le calcul : <ul style="list-style-type: none"> • charge négligée jusqu'à $\frac{h}{2}$ • charge $\times \frac{2a}{3h}$ jusqu'à $a=1,5h$ 	des aciers seulement charges réparties charges concentrées	des aciers et du cisaillement toutes charges toutes charges	
	armatures d'âme	$\frac{A_t}{b_0 s_t} =$	$\frac{\tau_u - 0,3 f_{ly} k}{0,8 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$	$\frac{\gamma_s (\tau_u - 0,3 f_{ly} k)}{0,9 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$ avec $f_{ly} \leq 3,3 \text{ MPa}$	
	cisaillement	Avec des aciers droits	PP	$\tau_u \leq \min (0,13 f_{cj}, 4 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,20 f_{cj}}{\gamma_b}, 5 \text{ MPa} \right)$
			P ou TP	$\tau_u \leq \min (0,10 f_{cj}, 3 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,15 f_{cj}}{\gamma_b}, 4 \text{ MPa} \right)$
	Avec des aciers à 45° ou droits+horizontaux		$\tau_u \leq \min (0,18 f_{cj}, 5,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,27 f_{cj}}{\gamma_b}, 7 \text{ MPa} \right)$ droits+horizontaux recommandés en P et TP	
A.5.1,3	appui simple d'about	Pour les appuis de faible longueur	n'existe pas	Superposition de plusieurs bielles, la première reprend au moins $\frac{v_1}{3}$	

ARTICLE A.5.2 : DALLES ET POUTRES-DALLES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.2,2		Pas d'armatures transversales si :	$\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\tau_u \leq \frac{0,07 f_{cj}}{\gamma_b}$
A.5.2,3	charges localisées	Pas d'armatures transversales si : <ul style="list-style-type: none"> • cas général • avec ferrailage horizontal 	$Q_u \leq 0,045 u_c h f_{cj}$	$Q_u \leq \frac{0,045 u_c h f_{cj}}{\gamma_b}$ $Q_u \leq (0,05 + 1,5\rho_1) \frac{d u_c}{\gamma_b} f_{cj}$ avec $\rho_1 = \sqrt{\rho_x \rho_y} \leq 0,015$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES (suite)

ARTICLE A.5.3 : COUTURES D'ATTACHES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.3,1 2	coutures généralisées	Coefficient de frottement	= 1	= 1 si rugosité de 5 mm ≤ 0,6 dans le cas contraire

ARTICLE A.5.4 : TORSION

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.4,3	béton	Cisaillement dû à torsion (τ_T) + tranchant (τ_V) • sections creuses • sections pleines	$\tau_T + \tau_V \leq \tau_{lim}$ $\tau_T + \tau_V \leq \tau_{lim}$	$\tau_T + \tau_V \leq \tau_{lim}$ $\tau_T^2 + \tau_V^2 \leq \tau_{lim}^2$

CHAPITRE A.7 - A.8 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.7.1	enrobages	Enrobage des armatures passives : <ul style="list-style-type: none"> • locaux clos sans condensation • aux intempéries, condensation, liquides • action agressive sur paroi non coffrée • à la mer et atmosphère très agressive 	1 cm 2 cm 3 cm 4 cm	1 cm } 3 cm (2 cm si $f_{c28} > 40$ MPa) 5 cm (3 cm si béton ou aciers protégés)
A.8.2,4	dalles sur appuis continus	Pourcentage minimal d'armatures		l'article A.4.2,1 est reporté en B.7.4 ⇒ n'existe plus pour les ponts
A.8.2,4 2		Ecartement des armatures dans la direction la plus sollicitée : <ul style="list-style-type: none"> • sous charges réparties • sous charges concentrées 	$\leq \min (3 h, 33 \text{ cm})$ $\leq \min (2 h, 22 \text{ cm})$	$\leq \min (3 h, 33 \text{ cm})$ $\leq \min (2 h, 25 \text{ cm})$
A.8.4,1	pressions localisées (ELU)	contrainte de compression admissible <ul style="list-style-type: none"> • rectangles concentriques • surfaces homothétiques 	$\sigma_{bc} = K \frac{f_{cj}}{\gamma_b}$ $K = 1 + \left(3 - \frac{a_0}{a} - \frac{b_0}{b} \right) \sqrt{\left(1 - \frac{a_0}{a} \right) \left(1 - \frac{b_0}{b} \right)}$ $K = 4 - 5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} + 2 \frac{B_0}{B}$	$\sigma_{bc} = K \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $K = 1 + \left[3 - \frac{4}{3} \left(\frac{a_0}{a} + \frac{b_0}{b} \right) \right] + \sqrt{\left(1 - \frac{4a_0}{3a} \right) \left(1 - \frac{4b_0}{3b} \right)} \leq 3,3$ avec $h \geq \frac{a_0 b_0}{a_0 + b_0}$, $\frac{a}{a_0} \geq \frac{4}{3}$, $\frac{b}{b_0} \geq \frac{4}{3}$ $K = 4 - \frac{4}{3} \left(5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} \right) + \frac{4}{3} \left(\frac{8 B_0}{3 B} \right) \leq 3,3$ développé à l'Annexe E.8

ANNEXE B : REGLES APPLICABLES AUX OSSATURES ET ELEMENTS COURANTS

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.1.1	béton	Résistances en fonction des dosages	tableau	tableau inchangé emploi de bétons de résistance supérieure possible si les limites du chapitre A.2 sont respectées
B.1.2	aciers		n'existe pas	emploi d'aciers non homologués possible sous réserve de dérogation motivée
B.2.4	cas de fissuration	En fonction de l'environnement	l'article n'existe pas ces définitions se trouvent en A.5.3	reprend les définitions du BAEL 83 enlevées de l'article A.5.3

CHAPITRE B.6 : PLANCHERS ET POUTRES

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.6.1,2 2	combinaisons pour planchers	coefficients ψ_0 : • cas courants • spectacles, archives, parcs...	$1,3\psi_0 = 1 \Leftrightarrow \psi_0 = 0,77$ $1,3\psi_0 = 1,3 \Leftrightarrow \psi_0 = 1$	$\psi_0 = 0,77$ $\psi_0 = 0,9$
B.6.4	non-fragilité	Vérification	obligatoire	inutile si aciers de flexion majorés de 20%
B.6.5,2	flèches	Moment d'inertie fictif Flèches • cas général • consoles	$I_f = \frac{I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{10 E I_f} \right)$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{4 E I_f} \right)$	$I_f = \frac{1,1 I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{M l^2}{10 E I_f}$ $f = \frac{M l^2}{4 E I_f}$
B.6.6,2	armatures de peau	S'applique aux poutres de $\begin{cases} \text{portées} < 25 \text{ m} \\ b_0 > 0,15 \text{ m} \end{cases}$ PP P TP	n'existe pas \Rightarrow A.8.3 et A.4.5,34 3 cm ² /m (A.8.3) 3 cm ² /m (A.8.3) 5 cm ² /m (A.4.5,34)	pas de justification 1 cm ² /m 5 cm ² /m (A.4.5,34)
B.6.7,1	poutres secondaires et nervures	Pas d'armatures transversales si Longueur en cause • poutres secondaires • nervures croisées	$\begin{cases} \tau_u \leq 0,025 f_{c28} \\ \text{hauteur totale} \leq 0,40 \text{ m} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{cases}$ moitié centrale moitié centrale	$\begin{cases} \tau_u \leq 0,030 f_{c28} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{cases}$ max (0,5 L , L - 4 h) toute
B.6.7,2	planchers à charge modérée	liaison table-nervure si • pas de vérification des aciers • distribution uniforme du glissement si	$\tau_u \leq 0,25 f_{cj}$ $\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\begin{cases} \tau \leq 0,050 f_{cj} \text{ sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,025 f_{cj} \text{ avec reprise verticale} \end{cases}$ $\begin{cases} \tau \leq 0,10 f_{cj} \text{ sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,05 f_{cj} \text{ avec reprise verticale} \end{cases}$
B.6.8,3	poutres supportant des murs	ELU : compression maxi des voûtes de décharges • maçonnerie • béton	2 MPa $\frac{f_{c28}}{3}$	2 MPa $\frac{f_{c28}}{2}$ en PP ou P, $\frac{f_{c28}}{3}$ en TP
B.6.8,5	méthode du treillis		n'existe pas	inclinaison des bielles au choix mais $\geq 30^\circ$

CHAPITRE B.7 : DALLES SUR APPUIS CONTINUS (ne concerne pas les ponts)

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.7.4	pourcentage minimal		ces pourcentages se trouvent en A.8.2,41	reprend l'article A.8.2,41 du BAEL 83

ANNEXE E.8 : PRESSIONS LOCALISEES

Article			BAEL 83	BAEL 91
E.8			cette annexe n'existe pas	développe l'article A.8.4

REGLES BPEL

Comparaison BPEL 83 - BPEL 91

CHAPITRE 1 : PRINCIPES ET DEFINITIONS

Article			BPEL 83	BPEL 91
1.1	f_{c28}	Domaine d'application.	La limite implicite de 40 MPa n'est pas définie dans cet article (cf 2.1,2).	$f_{c28} \leq 60$ MPa

CHAPITRE 2 : DONNEES POUR LE CALCUL CONCERNANT LES MATERIAUX

Article			BPEL 83	BPEL 91
2.1,2	f_{c28}	Classes de résistance.	30, 35 et 40 MPa	30, 35, 40, 50 et 60 MPa
	f_{cj}	$j < 28$ jours	$0,685 f_{c28} \log(j+1)$	$f_{c28} \leq 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $f_{c28} > 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} f_{c28}$
		$j > 28$ jours • cas courant • pour des bétons non traités thermiquement dont $f_{c28} \leq 40$ MPa et pour des vérifications autres que la résistance des sections et les limitations des contraintes.	$f_{cj} = f_{c28}$ $f_{cj} = f_{c28}$	$f_{cj} = f_{c28}$ $f_{cj} = \text{Min} \left(\frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28} ; 1,10 f_{c28} \right)$
2.1,51	Retrait	ϵ_r (en 10^{-4}) selon le climat.	2 France sauf quart sud-est 3 France quart sud-est	1,5 très humide 2 humide (France sauf quart sud-est) 3 sud-est) 4 tempéré sec (France quart sud-est) 5 chaud et sec très sec ou désertique
2.1,52	Fluage	Module de déformation à long terme.	$E_{vj} = \frac{11000}{3} \sqrt[3]{f_{cj}}$ (MPa)	$E_{vj} = \frac{11000}{1 + \Phi} \sqrt[3]{f_{cj}}$ (MPa) $\Phi = 2$ si $f_{c28} \leq 50$ MPa $\Phi < 2$ si $f_{c28} > 50$ MPa (valeur à justifier)

CHAPITRE 3 : PRECONTRAINTE

Article			BPEL 83	BPEL 91
3.4,12	Pertes	Valeurs forfaitaires des pertes entre la mise en tension de l'armature et la mise en précontrainte de l'élément (pré-tension) pour des productions de bâtiment faisant l'objetd'une procédure d'homologation avec contrôle.	...d'une procédure de contrôle interne approuvée par un organisme officiel.
3.4,2	Pertes	Valeurs forfaitaires des pertes différées (pré-tension) pour des productions de bâtiment faisant l'objetd'une procédure d'homologation avec contrôle.	...d'une procédure de contrôle interne approuvée par un organisme officiel.

CHAPITRE 4 : ACTIONS ET SOLLICITATIONS

Article			BPEL 83	BPEL 91
4.1,1	Neige et vent	Règles neige et vent NV 65 (DTU P 06-002)		complétées par les règles NV 84 (DTU P 06-006)
4.1,3	P_1, P_2 ou P_m	Valeurs représentatives de la précontrainte : - ELS - ELU	$P_d = \{P_1, P_2\}$ dans le cas général.	$P_d = \{P_1, P_2\}$ ou $P_d = P_m$
			$P_d = P_m$ lorsque le marché le prévoit et moyennant certaines précautions.	L'article 4.10. précise les règles d'équivalence entre une justification avec $P_d = \{P_1, P_2\}$ ou avec $P_d = P_m$.
			$P_d = P_m$	$P_d = P_m$
4.10	A l'ELS Choix de $P_d = P_m$	Justification aux états limites de service et de fatigue. Règles d'équivalence entre une justification avec $P_d = \{P_1, P_2\}$ ou avec $P_d = P_m$.	sans objet	Une justification effectuée avec $P_d = P_m$ vaut pour une justification effectuée avec $P_d = \{P_1, P_2\}$ si les sections définies par 4.10,1 satisfont aux conditions définies en 4.10,2.
4.10,1		Sections nécessitant des vérifications complémentaires.	sans objet	Vérifications complémentaires définies en 4.10,2 si l'une des conditions suivantes est vérifiée : <ul style="list-style-type: none"> • $\sigma - \sigma_{lim} < k f_{cj}$ • ouvrage justifié en classe III • $\tau > k' \tau_{lim}$ Avec : - dans les cas courants : $k=0,04$ et $k'=0,90$ - si des précautions particulières sont prévues au marché : $k=0,02$ et $k'=0,95$ ou autres valeurs fixées par le marché.
4.10,2		Vérifications complémentaires dans les sections définies en 4.10,1.	sans objet	Les contraintes (σ et τ) réévaluées à partir de P_1 et P_2 doivent satisfaire strictement aux contraintes limites.

CHAPITRE 6 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES

Article			BPEL 83	BPEL 91
6.1,21	$\sigma_{bc\ lim}$	Contrainte limite de compression.	Lorsque $P_d = P_m$ il est prévu un abattement de 10% sur $\sigma_{bc\ lim}$.	abattement sans objet
6.1,22	Classe I $\sigma_{bt\ lim}$	Contrainte limite de traction en situation de construction sur toute la section.	$\sigma_{bt} \geq 0$	$\sigma_{bt} \geq -0,7 f_{tj}$
6.1,23	Classe II $\sigma_{bt\ lim}$	Contraintes limites de traction en classe II en zone d'enrobage.	$\sigma_{bt} \geq -f_{tj}$ en situation d'exploitation $\sigma_{bt} \geq -f_{tj}$ en situation de construction	$\sigma_{bt} \geq -f_{tj}$ en situation d'exploitation $\sigma_{bt} \geq -0,7 f_{tj}$ en situation de construction
6.1,24	Classe III $\sigma_s\ lim$	Contrainte limite de traction des aciers passifs sous combinaisons rares.	$\sigma_s\ lim = \text{Min} (2/3 f_e ; 150 \eta \text{ MPa})$	$\sigma_s\ lim = \text{Min} (2/3 f_e ; 110 \sqrt{\eta f_{tj}} \text{ MPa})$
6.1,24	Classe III	Justifications sous combinaisons fréquentes	Aciers fictifs en zone d'enrobage : $\sigma_s\ lim = 60 \text{ MPa}$	Aciers réels sur toute la section : $\sigma_s\ lim = 0,35 f_e$
		Aciers passifs		
		Aciers de précontrainte	sans objet	Surtensions < 100 MPa
6.1,32	Ferrailage minimum	$A_s = \frac{B_t}{1000} + \frac{N_{Bt}}{f_e} \frac{f_{tj}}{\sigma_{Bt}}$	pas de restriction sur la hauteur tendue.	sous réserve que la zone tendue présente une hauteur supérieure à 5 cm.
6.3,31 2	ELU	Loi parabole rectangle. Introduction du coefficient θ fonction de la durée d'application de la combinaison.	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\gamma_b}$	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $\theta = 0,85$ durée < 1 h (ponts-routes) $\theta = 0,80$ durée entre 1 et 24 h $\theta = 1,00$ durée > 24 h
6.4,3	Stabilité de forme	Inclinaison d'ensemble d'une ossature.	0,010 rd	0,010 ossature à un étage portant la majorité des charges. 0,005 rd dans les autres cas.
6.4,5	Stabilité de forme	Excentricités.	$e = e_1 + e_a + e_2$	$e = e_1 + e_2$ e_a (additionnelle) est comprise dans e_1 (premier ordre)
6.5,1	Fatigue	Généralités.		En général, les éléments de bâtiment courants ne sont pas à justifier vis-à-vis de la fatigue.
6.5,2	Fatigue	Durée d'application des charges de fatigue.	période déterminée.	durée de vie de l'ouvrage.
6.5,4	Fatigue	Justification des armatures de précontrainte : $\delta \sigma_p \leq \delta \sigma_{p\ lim} (n)$ avec	$1000 \leq n \leq 10\ 000$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,30 - 0,05 \log n$	$5 \times 10^5 \leq n \leq 10^7$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,05 \times \left(\frac{10^7}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$
			$n > 10\ 000$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,10$	$n > 10^7$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,05 \times \left(\frac{10^7}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$
			$\sigma_{prn} \leq 0,8 f_{prg}$	$\sigma_{prn} \leq 0,7 f_{prg}$
		critères applicables si		

CHAPITRE 6 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES (suite)

6.5,4	Fatigue	Justification des armatures passives : $\delta\sigma_s \leq \delta\sigma_{s,lim}(n)$ avec	$1000 \leq n \leq 10\,000 \quad \frac{\delta\sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,95 - 0,15 \log n$	$5 \times 10^5 \leq n \leq 10^7 \quad \frac{\delta\sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,30 \times \left(\frac{10^7}{n}\right)^{\frac{1}{5}}$
			$n > 10\,000 \quad \frac{\delta\sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,35$	$n > 10^7 \quad \frac{\delta\sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,30 \times \left(\frac{10^7}{n}\right)^{\frac{1}{11}}$
		critères applicables si	$\sigma_{sm} < \frac{2}{3} f_c$	

CHAPITRE 7 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES

Article			BPEL 83	BPEL 91
7.2,2	τ_{lim}	Contrainte limite de cisaillement :	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 0,4 f_{ij} (f_{ij} + \sigma_x + \sigma_t)$	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 0,4 f_{ij} \left(f_{ij} + \frac{2}{3} (\sigma_x + \sigma_t) \right)$
		$\sigma_x \geq 0$	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 2 \frac{f_{ij}}{f_{cj}} (0,6 f_{cj} - \sigma_x - \sigma_t) (f_{ij} + \sigma_x + \sigma_t)$	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 2 \frac{f_{ij}}{f_{cj}} (0,6 f_{cj} - \sigma_x - \sigma_t) \left(f_{ij} + \frac{2}{3} (\sigma_x + \sigma_t) \right)$
		$\sigma_x < 0$	$\tau^2 \leq 0,4 f_{ij} (f_{ij} + \sigma_t)$	$\tau^2 \leq 0,4 f_{ij} \left(f_{ij} + \frac{2}{3} \sigma_t \right)$
	Influence du choix de P_d défini à l'article 4.10.	sans objet	Si $P_d = \{P_1, P_2\}$ $ \tau \leq \tau_{lim}$ Si $P_d = P_m$ $ \tau \leq k' \tau_{lim}$	
7.3,1	F_w	Contrainte de calcul des étriers actifs.	$\frac{f_{prg}}{\gamma_p}$	$\frac{f_{prg}}{\gamma_p}$ si adhérence de forme et injection de type coulis de ciment. $\frac{0,9 f_{prg}}{\gamma_p}$ si pas d'adhérence de forme et injection de type coulis de ciment. σ_{pd} tension d'ELS lorsque la protection est effectuée par un produit souple.
7.3,2	γ_s et γ_p	Coefficients γ_s et γ_p .	$\gamma_s = 1,15$ $\gamma_p = 1,15$	$\gamma_p = \gamma_s = 1,15$ sous combinaisons fondamentales, $\gamma_p = \gamma_s = 1$ sous combinaisons accidentelles.
7.3,22	Ferrailage minimum d'âme	$\frac{A_t f_c}{b_n s_t \gamma_s} \sin \alpha + \frac{F_w}{b_n s_t} \sin \alpha' \geq$	0,6 MPa	0,4 MPa
7.3,23	Règle des coupures	$\frac{A_t f_c}{b_n s_t \gamma_s} (\sin \alpha + \cos \alpha) + \frac{F_w}{b_n s_t} (\sin \alpha' + \cos \alpha') \geq$	$\tau_{red.u}$	$\tau_{red.u} - \frac{f_{ij}}{3}$
7.3,24	$\frac{f_{ij}}{3}$	Reprise de bétonnage et prise en compte du terme $\frac{f_{ij}}{3}$ lorsque la surface de reprise est munie d'indentations de 5 mm au moins.	seulement dans le cas où la surface de reprise intéresse l'âme.	dans tous les cas.
7.3,3	Bielles	Justification du béton des bielles ($\beta_u = 30^\circ$).	$\tau_{red.u} \leq \frac{f_{cj}}{6}$	$\tau_{red.u} \leq \frac{f_{cj}}{4 \gamma_b}$
7.5,1d	Bielle d'about	Contrainte de calcul des armatures. - armatures de post-tension - armatures de pré-tension - armatures passives	$\text{Min} \left(1,2 \sigma_{pm} ; \frac{f_{prg}}{\gamma_p} \right)$ avec $\gamma_p = 1,15$ $\frac{F_s}{A_p \gamma_p}$ avec $\gamma_p = 1,4$ $\frac{f_c}{\gamma_s}$ avec $\gamma_s = 1,15$	$\text{Min} \left(1,2 \sigma_{pm} ; \frac{f_{prg}}{\gamma_p} \right)$ avec $\gamma_p = 1,15$ ou 1 $\frac{0,8 F_s}{A_p \gamma_p}$ avec $\gamma_p = 1,15$ ou 1 $\frac{f_c}{\gamma_s}$ avec $\gamma_s = 1,15$ ou 1 1,15 sous combinaisons fondamentales, 1 sous combinaisons accidentelles.

CHAPITRE 7 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES (suite)

7.6,4	Torsion	Limitation des cisaillements.		
		- poutres tubulaires à parois minces	$\tau = \tau_v + \tau_T \leq \tau_{lim}$	si $P_d = \{P_1, P_2\}$ $\tau = \tau_v + \tau_T \leq \tau_{lim}$ si $P_d = P_m$ $\tau = \tau_v + \tau_T \leq k' \tau_{lim}$
		- autres cas	$ \tau_v \leq \tau_{lim}, \tau_T \leq \tau_{lim}$ et $\tau = \tau_v + \tau_T \leq 1,2 \tau_{lim}$	si $P_d = \{P_1, P_2\}$ $\tau_v^2 + \tau_T^2 \leq \tau_{lim}^2$ si $P_d = P_m$ $\tau_v^2 + \tau_T^2 \leq k'^2 \tau_{lim}^2$

CHAPITRE 9 : DALLES

Article			BPEL 83	BPEL 91
9.6.41	dalles	Pas d'armatures d'effort tranchant si : $- \tau_{red,u} = \frac{1,5}{h} V_{red,u} \leq$ - pièce bétonnée sans reprise	$0,06 f_{cj}$	$\frac{0,09 f_{cj}}{\gamma_b}$

CHAPITRE 10 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Article			BPEL 83	BPEL 91
10.2,2 3	Couver- ture	Distance minimale c entre un conduit ou un paquet de conduits d'armatures de précontrainte et un parement.	$c \geq \begin{cases} \frac{3}{4} a \\ \emptyset \\ d \end{cases}$	$c \geq \begin{cases} \frac{3}{4} a \\ \emptyset \text{ limité à } 80 \text{ mm} \\ d \end{cases}$
10.4,2	Enro- bage	Enrobage des armatures passives : - locaux clos sans condensation - aux intempéries, condensation, liquides - action agressive sur paroi non coffrée - à la mer et atmosphère très agressive	1 cm 2 cm 3 cm 4 cm	1 cm $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 3 \text{ cm (2 cm si } f_{c28} > 40 \text{ MPa)}$ 5 cm (3 cm si béton ou aciers protégés)

ANNEXES

Une nouvelle annexe au texte intitulée "Dalles de bâtiment précontraintes par post-tension" devient l'annexe 9. Les anciennes annexes aux commentaires 9 à 12 deviennent les annexes 10 à 13.

ANNEXE 3 : COEFFICIENTS DE FROTTEMENT EN POST-TENSION

Article			BPEL 83	BPEL 91
2	f et φ	torons gainés-protégés.	cet article n'existait pas.	<ul style="list-style-type: none"> • sous réserve de dispositions particulières : $\varphi = 0,001 \text{ m}^{-1}$ $f = 0,05 \text{ rd}^{-1}$
3	f et φ	câbles extérieurs au béton.	cet article n'existait pas.	<ul style="list-style-type: none"> • fils lisses et torons dans conduit extérieur au béton : $\varphi = 0$ $f = 0,20 \text{ rd}^{-1}$ tube en acier $f = 0,12 \text{ rd}^{-1}$ tube en PEHD • torons gainés-protégés dans conduits injectés au coulis de ciment : $\varphi = 0,001 \text{ m}^{-1}$ $f = 0,05 \text{ rd}^{-1}$

ANNEXE 4 : ZONES D'APPLICATION DES FORCES CONCENTREES

Article			BPEL 83	BPEL 91
1.3	F_j	Equilibre général de diffusion pure. Forces réparties sur	a_j	$\text{Min} \left(\frac{a_j + d_j}{2}, 2 a_j \right)$

ANNEXE 9 : DALLES DE BATIMENT PRECONTRAINTEES PAR POST-TENSION

Cette annexe rassemble les règles spécifiques et précise les simplifications admises pour la justification des dalles de bâtiment précontraintes par post-tension.

ANNEXE 11 : FATIGUE DES STRUCTURES EN BETON

Article			BPEL 83	BPEL 91
3.1,2	Fatigue	Essais sur armatures en place dans une structure.	cet article n'existait pas	durée de vie inférieure à celle des armatures libres.
4.2	Fatigue	Article totalement remanié. Se reporter aux règles B.P.E.L.		

ANNEXE 12 A : COMPLEMENTS AUX COMMENTAIRES DU CHAPITRE 9

Article			BPEL 83	BPEL 91
2.1,2	θ_1 et θ_2	Direction des armatures annulant M_x .	$\theta_1 = \frac{\pi}{2}$ et θ_2 tel que $\theta_2 = \frac{M_{yx}}{M_x}$	$\theta_1 = \frac{\pi}{2}$ et θ_2 tel que $\text{tg } \theta_2 = \frac{M_{yx}}{M_x}$

ANNEXE 12 B : HOURDIS, DALLES EN CONSOLE

Les planchers-dalles ou planchers-champignons sont traités dans l'annexe 9.

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes ont récemment été mis à jour conformément aux nouvelles règles BAEL et BPEL dont l'application est rendue obligatoire à partir de juillet 1992.

Le présent document constitue un guide d'emploi du programme PSIDP-EL pour les ponts-dalles en béton précontraint.

The calculation of standard bridges is widely easier in using S.E.T.R.A.'s computer programs.

These programs were recently updated according to the latest BAEL (Reinforced concrete at limit states) and BPEL (Prestressed concrete at limit states) regulations which became mandatory in July 1992.

The present document is a user's guide to the program PSIDP-EL for prestressed concrete slab decks.

PONTS DALLES A NERVURES EN BETON PRECONTRAIT

PROGRAMME DE CALCUL MCP.EL

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91 ET BPEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992



Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes



PONTS DALLES A NERVURES EN BETON PRECONTRAIT

PROGRAMME DE CALCUL MCP.EL

***MISE A JOUR
CONFORME AUX REGLES
BAEL 91 ET BPEL 91***

Notice d'utilisation

Décembre 1992

Document réalisé et diffusé par le



SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : (1) 46 11 31 31 - Télécopieur : (1) 46 11 31 69 - Telex 632263

Note de présentation

Les ouvrages types du S.E.T.R.A. ont été présentés dans un document publié en septembre 1979 sous la forme d'une plaquette bilingue français-anglais.

La conception de ces ouvrages a également été exposée dans des guides de conception consacrés à chaque type de structure. Citons parmi ceux-ci :

- Guide de conception des ponts-dalles à nervures, paru en 1981 ;
- Guide de conception des ponts-dalles, paru en 1989 ;
- Guide de conception des ponts-cadres et portiques, à paraître en 1992.

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes de calcul étaient jusqu'à présent conformes à la version 1983 des règles BAEL et BPEL.

Ces dernières ont été récemment mises à jour et leur application a été rendue obligatoire à partir du mois de juillet 1992.

Dans ces conditions, la mise à jour des programmes de calcul d'ouvrages types était devenue urgente. Cette tâche a été accomplie et les programmes, dans leur nouvelle version, sont opérationnels.

Le présent document a pour but d'apporter un guide d'emploi du programme MCP-EL de calcul des ponts dalles à nervures d'inertie constante ou variable en béton précontraint.

Décembre 1992

TABLEAU D : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES TRAVEE N°

Si l'ouvrage est d'inertie constante, ne pas fournir les lignes D2 à D24

	AIRE	STAT	XIN	WS	WI	ETA
D1						
D2						
D3						
D4						
D5						
D6						
D7						
D8						
D9						
D10						
D11						
D12						
D13						
D14						
D15						
D16						
D17						
D18						
D19						
D20						
D21						
Section de fin de gousset gauche						
D22						
Section d'amorce de gousset droite						
D23						
(A l'abscisse 0,4 d(1) ou 0,5 D(I) ou 0,6 D(NT))						
D24						
Caractéristiques de la dalle équivalente						
	BG	BD	DEB			
D25						

TABLEAU E : CARTES BP GENERALISEES

CONTRAINTES-LIMITES EN SECTION D'ENROBAGE					CONTRAINTES-LIMITES HORS SECTION D'ENROBAGE									
E1	$\bar{\sigma}_{j(t1)}$	$\bar{\sigma}_{j(t2)}$	$\bar{\sigma}_{QL}$	$\bar{\sigma}_x$	$\bar{\sigma}_{mini}$	$\bar{\sigma}_{j,2(t1)}$	$\bar{\sigma}_{j,2(t2)}$	$\bar{\sigma}_{QL,2}$	$\bar{\sigma}_{x,2}$	$\bar{\sigma}_{mini,2}$	γ_{bj1}	γ_{bj2}	γ_{bv}	γ_{bOL}

E1B	$\bar{\sigma}_{s,j1}$	$\bar{\sigma}_{s,j2}$	$\bar{\sigma}_{s,v}$	$\bar{\sigma}_{s,\psi}$

γ_{OC} ETAT-LIMITE D'UTILISATION					γ_{QL} ULTIME			γ_{OC} ULTIME					
E2	COEFCA	COEF CB	COEF CM	COEF CT	COEF CC	γ_{F3}	$\gamma_{F1G \max}$	$\gamma_{F1G \min}$	γ_{OCA}	γ_{OCB}	γ_{OCM}	γ_{OCT}	γ_{OCC}

COEFFICIENT D'AFFINITE					PRECONTRAINTE				
			EFFET MAX		EFFET MIN				
E3	γ_s	γ_D	γ_b	θ_{max}	θ_{min}	P 01	DP 1	P 02	DP 2

MODULES BETON			EQUIVALENCE ACIER BETON		LOI DU RETRAIT				LOI DU FLUAGE				
E4	$E_{sj(t1)}$	$E_{sj(t2)}$	E_{s28}	n_i	n_v	$r(t1)$	$r(t2)$	$r(t2-t1)$	$r(MS-t1)$	$r(MS-t2)$	K_{fl1}	K_{fl2}	K_{fl3}

N.B. : - Le tableau E n'est fourni que si BPEL = 0 (ligne A3)
 - Le tableau E comporte obligatoirement 5 lignes

TABLEAU F : CHARGES D'EXPLOITATION GENERALISEES

Charge civile généralisée (véhicule à essieux)

	N CAM	NES	TYPES	ES AV	ES AR	LONG ENC	LARG ENC	LARG ES	DYNA	DYNAM	CDTB(1)	CDTB(2)	CDTB(3)	CDTB(4)	CDTB(5)	CDTB(6)	JBGN	JBGX	XLARB	
F1		0	0	0	0				0	0	1									

	ABESS 1	POESS 1	ABESS 2	POESS 2	ABESS 3	POESS 3	ABESS 4	POESS 4	ABESS 5	POESS 5	ABESS 6	POESS 6
F2												

Charge civile généralisée (action répartie)

	PAS	A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	L VOIE	CDTA(1)	CDTA(2)	CDTA(3)	CDTA(4)	CDTA(5)	CDTA(6)	JAGN	JAGX
F3								1							

Charges exceptionnelles généralisées (véhicules à chenilles)

	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE	JMINEG	JMAXEG
F4₁												

	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE	JMINEG	JMAXEG
F4₂												

	TITRE	IDYCHA	DYCHA	POICHA	LMAX	LMIN	LARGCHA	LOCHE	CHELA	ESCHE	JMINEG	JMAXEG
F4₃												

Superstructures provisoires

	QSUP PM	QSUP Pm	QSPP1Gm	QSPP1Gm	DQSP1G	QSPP1Dm	QSPP1Dm	DQSP1D	QSPP2Gm	QSPP2Gm	DQSP2G	QSPP2Dm	QSPP2Dm	DQSP2D	QSPP1M	QSPP1m	DQSP1H	JQSPN	JQSPX
F5																			

N B : Composition du tableau F

- Lignes F1 et F2 ces lignes ne sont à fournir que si le chiffre des centaines de B (ligne A9) est égal à 1.
- Ligne F3 cette ligne n'est à fournir que si le chiffre des centaines de A (ligne A9) est égal à 1.
- Lignes F4₁ à F4₃ on fournira autant de lignes F4 que de charges exceptionnelles généralisées (chiffre des centaines de la donnée CE , ligne A9)
- Ligne F5 cette ligne n'est à fournir que si la donnée IQSP (ligne A9) est égal à 1.

MCP EL

Mise à jour de Décembre 1992

TABLEAU G : CHARGES CONCENTREES

- Les abscisses ont pour origine l'appui extreme gauche du pont (abscisses cumulées)
- Les unités sont la tonne et le mètre

G1	ABSCISSE :	MASSE										

G2	ABSCISSE :	MASSE										

G3	ABSCISSE :	MASSE										

G4	ABSCISSE :	MASSE										

G5	ABSCISSE :	MASSE										

G6	ABSCISSE :	MASSE										

N.B : Ces lignes sont à remplir si CH PONCT en 22eme colonne de la ligne A3 prend la valeur 1.

COMMENTAIRES DES DONNEES

1 - INTRODUCTION

Le bordereau des données du programmes M.C.P.E.L. comprend 6 séries de données faisant l'objet des tableaux A, B, C, D, E, F.

- * Le tableau A concerne les caractéristiques générales de l'ouvrage et des matériaux, il doit être systématiquement rempli.
- * Le tableau B concerne les caractéristiques géométriques transversales de l'ouvrage ; il est systématiquement fourni également.
- * Le tableau C n'est joint aux précédents que s'il s'agit de vérifier un câblage introduit en donnée.
- * Le tableau D concerne les caractéristiques géométriques (S,I,V,V') introduites section par section. Il n'est à fournir que si la forme de l'ouvrage sort du cadre prévu par le programme.
- * Le tableau E est optionnel ; il n'est fourni que si le calcul demandé doit déroger aux règles BPEL.
- * Le tableau F n'est fourni que si l'ouvrage doit supporter des charges généralisées non prévues par le règlement (Fascicule 61 titre II).
- * Le tableau G n'est fourni que si l'ouvrage doit supporter des charges permanentes fixes ponctuelles.

2. INDICATIONS PRELIMINAIRES

Lorsqu'une donnée est inutile pour un cas d'espèce traité, on s'abstiendra de rayer la case correspondante et à plus forte raison, s'il s'agit d'une ligne entière ; il convient de laisser en blanc la case correspondante, ou éventuellement, toutes les cases de la ligne, si elle s'avère inutile.

On peut s'abstenir de remplir les cases hachurées dans les cas courants ; le programme adopte pour la donnée concernée une valeur réglementaire, ou déduit cette valeur des autres données.

Remarque :

La description de l'ouvrage s'effectue conventionnellement de la gauche vers la droite.

2.1. UNITES ADOPTEES

Sauf indications contraires, les unités adoptées sont les suivantes :

Longueur : le mètre

Surface : le mètre carré

Contraintes : la tonne-force par mètre carré (pratiquement équivalente 10^4 N/m²)

Forces : la tonne-force (pratiquement équivalente 10^4 N)

2.2. POSITION DE LA VIRGULE

La manière d'indiquer la position de la virgule est donnée par l'exemple ci-dessous :

PSTROT = 0,150 T/m²

PSTROT	
0	150

2.3. INDICATION DU SIGNE

A l'exception des lignes A1, A2 et des données TITRE des lignes F4, toutes les données sont numériques, elles sont éventuellement affectées d'un signe (-) qui sera porté dans la colonne de gauche de la case correspondante, et l'on s'abstiendra donc d'y faire figurer tout autre caractère.

Par exemple les valeurs de $\bar{\sigma}$ mini (cf. ligne E1) peuvent être choisies égales à :

$\bar{\sigma}$ mini	
-	200

Soit - 200 T/m² (traction)

$\bar{\sigma}$ mini	
	100

Soit 100 T/m² (compression)

TABLEAU A

DONNEES GENERALES

LIGNES A1 et A2	INTITULE DU TITRE
-----------------	-------------------

Le titre comprend au plus 124 caractères y compris les blancs qui séparent les mots. Y seront mentionnés la désignation administrative de la voie intéressée, les noms du département et de la commune, de l'obstacle franchi et le numéro de l'ouvrage.

Le titre sera imprimé sur une seule ligne et centré automatiquement sur la page de garde de la note de calcul.

LIGNE A3	ORIENTATION DES CALCULS
----------	-------------------------

Porter 1 si le calcul considéré doit être exécuté.

Porter 0 dans le cas contraire.

B P E L

Porter 1 dans le cas d'un calcul strictement conforme aux règles BPEL.

Porter 0 dans le cas d'un calcul extra-règlementaire. Introduire en ce cas dans le tableau E la valeur des contraintes admissibles, des coefficients γ ...

INERTIE

Calculs des aires et inerties des sections transversales, du rendement géométrique et des caractéristiques géométriques nécessaires pour les calculs de flexion transversale.

Si l'on porte 0, l'ordinateur utilise les caractéristiques géométriques introduites par l'utilisateur sur un bordereau annexe (cf. bordereau D).

LIGNINF

Détermination des lignes d'influence des efforts (moments fléchissants, réactions d'appuis, efforts tranchants).

EXCENTR

Calcul des coefficients correctifs de répartition transversale.

Porter 1 si l'étude de la répartition transversale est faite par le programme.

- dans le cas d'un pont dalle à plusieurs nervures cette étude est faite suivant la méthode de CART-FAUCHART. ($NERV \geq 2$, ligne A5).

- Dans tous les autres cas elle est faite par la méthode de GUYON-MASSONET.

Porter 0 si l'étude de la répartition transversale est faite selon une autre méthode ; porter alors la valeur des coefficients correctifs de répartition transversale dans la ligne A11.

MOMENT

Calcul des courbes enveloppes de moments longitudinaux.

EFTRAN

Calcul des efforts tranchants extrêmes.

REAPPUI

Calcul des réactions d'appui extrêmes.

MOTRAN	Calcul des moments de flexion transversale et des moments transversaux principaux dans les divers cas de charge (actuellement non opérationnel).
TASMENT	Calcul des efforts dus à des dénivellations d'appui. Porter 0 si on ne prend pas en compte les tassements. Porter 1, si l'on veut obtenir l'édition des moments et réactions d'appui dus à une dénivellation de 1 cm sur chaque appui successivement. Porter 2, si les tassements probables et aléatoires définis ligne A17 doivent être pris en compte.
DIMAP	Dimensionnement des appareils d'appui (actuellement non opérationnel).
CABLAGE	Ce paramètre indique la consistance globale des calculs demandés en ce qui concerne la précontrainte. Porter 0, si l'on ne désire pas de recherche de la précontrainte ni de vérification de ses effets, le programme ne produisant alors qu'un simple calcul d'efforts. Porter 1, si le dimensionnement de la précontrainte doit être conduit en épaisseur de dalle imposée. Porter 4, s'il s'agit de la vérification d'un câblage décrit point par point et dont les caractéristiques sont alors introduites dans un ou plusieurs tableaux C.
FERTRAN	Détermination du ferrailage transversal (actuellement non opérationnel).
ETRIER	Vérification de l'ouvrage au cisaillement, calcul des sections d'étriers.
DEFORM	Calcul de la déformation du tablier sous l'effet de la charge permanente et de la précontrainte.
METRE	Etablissement de l'avant-métré de l'ouvrage.
P.P.	Tableau récapitulatif des résultats utilisables en données pour le programme P.P. (Piles et Palées) (actuellement non opérationnel).
DESSIN	Exécution du dessin automatique du câblage (actuellement non opérationnel).
GRADIENT	Calcul des efforts dus au gradient thermique. Le programme peut calculer et prendre en compte les effets du gradient thermique défini en ligne A9. On portera : 0, si l'on ne désire aucun calcul de gradient thermique. 1, si l'on désire le calcul de l'effet du gradient thermique, mais sans prise en compte dans le dimensionnement ou la vérification. 2, si les effets du gradient thermique doivent être pris en compte.
PHASE	Pour les ouvrages construits par phases on consultera le gestionnaire. La donnée PHASE n'étant pas encore opérationnelle on portera 0.

LIGNE A4

IMPRESSION DES RESULTATS DES CALCULS

Chaque symbole a la même signification que sur la ligne A3 et commande l'impression des résultats.

Porter normalement 0 si l'on ne veut que les résultats essentiels.

LIGNE A5

CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'OUVRAGE

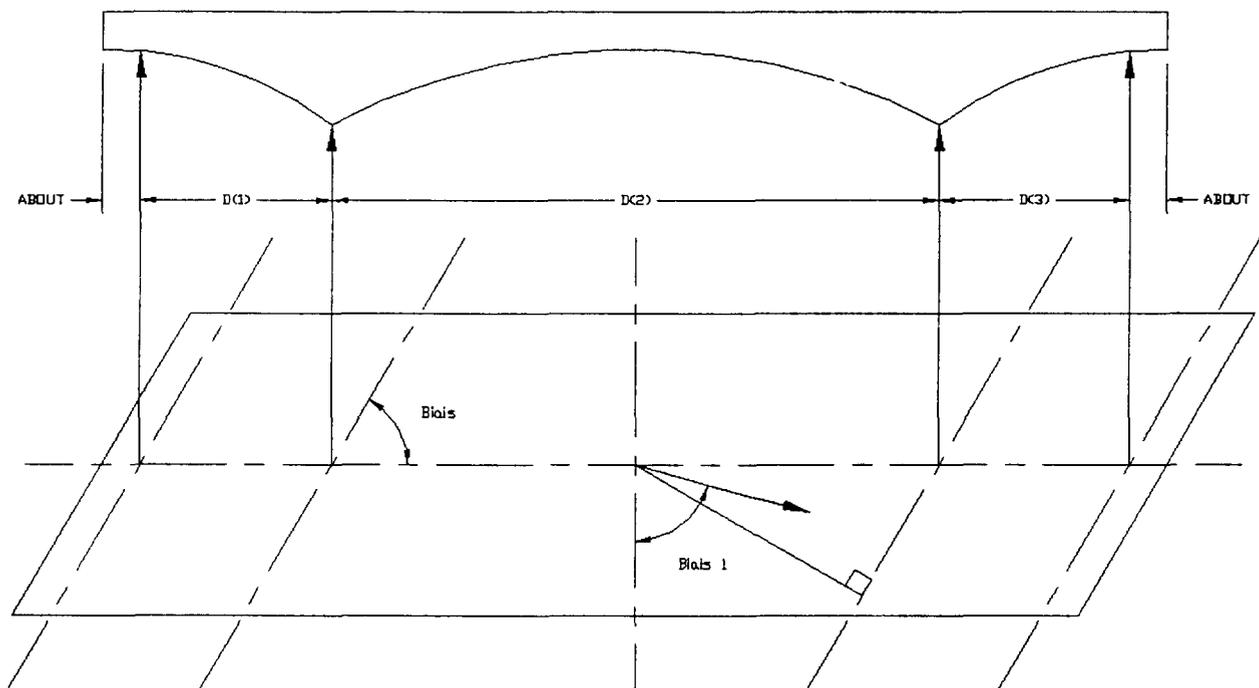
Avant de remplir les lignes qui suivent, l'utilisateur définit un sens de numérotation croissante des appuis et des travées. Le premier appui porte le numéro 1 ; la travée porte le même numéro que celui de son appui de gauche. Dans le cas d'un ouvrage bétonné en plusieurs phases le sens de numérotation croissante correspond au sens de bétonnage.

NT	Nombre de travées continues ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 6.
NERV	Nombre de nervures ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 9.
NDIV	Paramètre définissant (NDIV + 1) sections de calcul (efforts, contrainte...) pour chacune des travées. Respecter $NDIV \leq 20$. Valeur adoptée par défaut : $NDIV = 20$.
MAX	Nombre d'harmoniques à prendre en compte lors du développement des charges en série de Fourier. Valeurs adoptées par défaut : Dalle simplement nervurée $MAX = 5$. Dalle à nervures multiples $MAX = 20$.
SYMLON	Porter 1, si la coupe longitudinale ainsi que les éléments relatifs à la précontrainte présentent une symétrie par rapport au milieu du pont. Ces éléments concernent la nature des ouvrages de précontrainte notamment. Porter 0, dans le cas contraire, et en particulier, si la coupe longitudinale étant symétrique, les éléments concernant la précontrainte ne présentent pas de symétrie (nature des ancrages, câblage introduit en vérification).
SYMTAB	Symétrie transversale du profil en travers. Porter 1, si le pont (tablier et voie portée) est symétrique en coupe transversale. Porter 0, sinon, et en particulier si, la structure porteuse étant symétrique, la voie portée ne présente pas de symétrie (par exemple : bande dérasée à gauche, bande d'arrêt d'urgence à droite, un seul trottoir chargé, etc...).
PONT	Type de tablier étudié. Porter 1, s'il s'agit d'un pont dalle plein isotrope ou d'un pont dalle à plusieurs nervures (PSI.DN). Porter 2, s'il s'agit d'un pont dalle élégi par cylindres ou par prismes dont la base, polygonale, comporte cinq côtés ou plus. Porter 3, s'il s'agit d'un pont dalle élégi par parallélépipèdes.

- BIAIS** Mesure, en grades, de l'angle de biais (généralement compris entre 100 et 60 grades) compris entre l'axe longitudinal de l'ouvrage et une parallèle aux lignes d'appui (appelé couramment "biais géométrique").
- BIAIS 1** Mesure, en grades, du biais mécanique, c'est-à-dire de l'angle que fait la perpendiculaire aux bords libres de la dalle avec la direction du moment principal longitudinal, pour un point voisin de cet axe longitudinal.
Porter 0, cet angle sera calculé automatiquement pour chaque travée.
Porter une valeur différente de zéro dans le cas où on désire que cette valeur unique soit retenue dans les calculs quelle que soit la travée.
- ABOUT** Longueur biaisée d'about sur les appuis extrêmes, c'est la distance comptée suivant l'axe du pont entre la ligne d'appui de rive et le plan d'about du tablier.
- D (I)** Portée biaisée de la travée d'indice I, c'est-à-dire la distance comptée suivant l'axe du pont entre les plans verticaux des lignes d'appuis.

Remarque.

La longueur totale (biaisée) de l'ouvrage - abouts non compris - ne doit pas excéder 415 m.



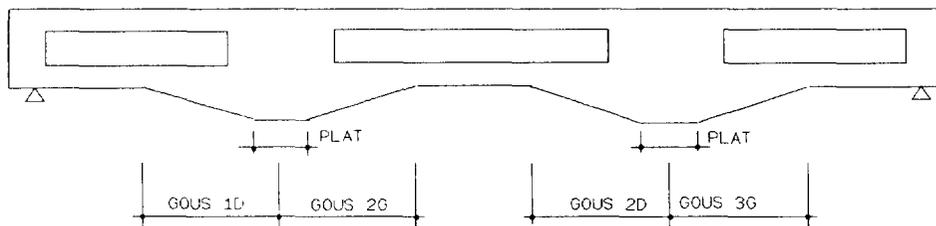
LIGNE A6

CARACTERISTIQUES DES GOUSSETS

Les goussets introduisent des points anguleux sur le profil en long de l'ouvrage sur l'intrados ; on ne considère pas les points anguleux sur appuis.

- IGOUS** Porter 0 et passer à la ligne suivante si :
- l'ouvrage est de hauteur constante

Dans les autres cas, porter 1 et remplir cette ligne conformément aux définitions et au dessin ci-dessous.



PLAT Longueur de la partie de l'ouvrage dont la hauteur est constante au niveau des appuis : cette donnée est la même pour tous les appuis.

GOUS I D Distance, dans la travée (I), séparant l'amorce du gousset de gauche (G) ou de droite (D) de l'appui limitant, à gauche (G) ou à droite (D) la travée (I) ; ces distances sont mesurées suivant le biais géométrique.

Remarque.

Il n'est pas prévu de gousset sur les appuis extrêmes de l'ouvrage.

LIGNE A7

CARACTERISTIQUES DES ELEGISSEMENTS

Porter 0 dans les deux premières colonnes et passer à la ligne suivante (A8) si l'ouvrage n'est pas élégi.

Sinon, il convient de remplir la ligne A7 suivant les indications ci-après.

Dans le cadre du programme M C P, on ne prévoit que deux types d'élégissements :

- . les élégissements de section rectangulaire.
- . les élégissements de section circulaire.

Par extension, les élégissements de section polygonale, comportant au moins 5 côtés sont traités comme des élégissements de section circulaire de même surface.

Pour un ouvrage donné, on ne considère que des élégissements de mêmes caractéristiques, et équidistants deux à deux ; on suppose de plus que, en coupe transversale, leurs centres de gravité sont alignés sur une horizontale.

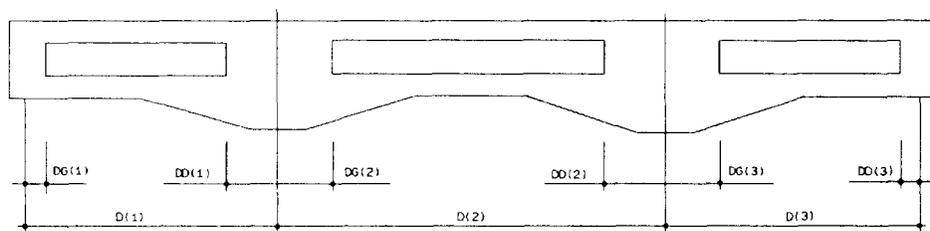
NVIDE Nombre d'élégissements par nervure (ce nombre est unique pour toutes les travées).

HVIDE Hauteur de l'élégissement.

Porter, pour les élégissements circulaires, le diamètre de chaque élégissement cylindrique équivalent, défini ci-dessus.

Porter, pour les élégissements rectangulaires, la hauteur de la section de l'élégissement (côté perpendiculaire à l'extrados)

- EVIDE** Largeur de l'élégissement.
Ne rien porter pour les élégissements circulaires.
Porter, pour les élégissements rectangulaires, la largeur droite de la section de l'élégissement (côté parallèle à l'extrados).
- ESPACE** Distance, d'axe en axe, entre deux élégissements voisins.
- DELEG** Distance du centre de gravité des vides d'élégissement à l'extrados.
Généralement $DELEG = HDALTR/2$.
- DG (I)** Abscisses longitudinales des extrémités des élégissements (cf. figure).
DD (I)
- . Si la travée I est élégiée, porter :
pour DG (I), l'abscisse longitudinale de la section origine des élégissements dans la travée (I) comptée à partir de son appui de gauche suivant le biais géométrique.
 - . Si la travée I n'est pas élégiée, porter deux longueurs telles que leur somme soit égale à la portée de la travée au cm près. ($DG(I) + DD(I) = D(I)$).



LIGNE 8 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA VOIE PORTEE

Les paramètres à indiquer sur cette ligne décrivent l'usage qui sera fait de la largeur de la dalle, encorbellements compris.

Toutes les largeurs ci-après sont droites c'est-à-dire mesurées selon un axe perpendiculaire à l'axe longitudinale du pont.

- NVOIE** Nombre de voies de circulation.
Porter 0, si le nombre de voies est celui qui résulte de l'application de l'article 2.2 du titre II (charges des ponts routiers) du fascicule 61 du CCTG.
Sinon, porter le nombre de voies de circulation à prendre en compte.
La somme des largeurs décrites ci-après doit obligatoirement être égale à la largeur droite de la dalle.
La description transversale va de la gauche vers la droite pour un observateur parcourant l'ouvrage dans le sens de numérotation croissante des appuis.
- ETROTG** Largeur du trottoir de gauche ou du passage de service de gauche.

EGAU	Largeur de la bande dérasée (non chargée) située à droite du dispositif de sécurité de gauche. En général porter 0,50 m lorsqu'il existe un dispositif de sécurité (glissière ou barrière) le long de la chaussée. Porter 0 dans le cas contraire.
ESURCH	Largeur chargeable. Porter la largeur telle qu'elle est définie à l'article 2 du fascicule 61, titre II du CCTG.
EDROI	Largeur de la bande dérasée (non chargée) située à gauche du dispositif de sécurité de droite. En général porter 0,50 m lorsqu'il existe un dispositif de sécurité (glissière ou barrière) le long de la chaussée. Porter 0 dans le cas contraire.
ETROTD	Largeur du trottoir de droite ou du passage de service de droite.
HCHAU	Epaisseur initiale de la chaussée à prendre en compte pour l'étalement des charges (le programme prend les 3/4 de cette valeur pour déterminer la longueur d'étalement). Valeur conseillée : 8 cm à 12 cm.

LIGNES A9 CHARGES D'EXPLOITATION SUR L'ENSEMBLE DU TABLIER

Cette ligne permet de définir les charges applicables au tablier.

STATUT	Porter 100, 200, 300 selon que le pont est de 1ère, 2ème ou 3ème classe (Fasc.61, II art.3).
MASVOL	Porter la valeur probable de la masse volumique du béton si celle-ci est différente de la valeur 2,5 T/m ³ fixée à l'article 4.1 des D.C.C. (en cas d'emploi de béton léger, consulter le gestionnaire).
OSSAM (resp.OSSAm)	Coefficients multiplicateurs pour le calcul de la valeur caractéristique maximale (resp. minimale) du poids de l'ossature ; porter dans les cas courants et sauf justifications de valeurs différentes. OSSAM = 1,02 et OSSAm = 0,98
QSUPTM (resp.QSUPTm)	Valeur caractéristique maximale (resp. minimale) du poids des superstructures au mètre linéaire de longueur de tablier pour l'ensemble de la section transversale.
IQSP	<ul style="list-style-type: none">. porter 0 si l'ouvrage ne supporte pas de superstructures provisoires.. porter 1 si l'ouvrage supporte des superstructures provisoires en cours de construction, à définir dans le tableau F.

Définition des charges d'exploitation - valeur des paramètres.

A Charge de type A(1)

- .000 l'ouvrage ne supporte aucune charge répartie.
- .001 l'ouvrage supporte la charge A(1) réglementaire.
- .100 l'ouvrage supporte une charge A répartie généralisée définie dans le tableau F.

B Charges de type B

- .000 l'ouvrage ne supporte aucune charge B.
- .001 l'ouvrage supporte les charges B réglementaires.
- .100 l'ouvrage supporte une charge B généralisée définie dans le tableau F.
- .101 l'ouvrage supporte une charge B généralisée et les charges B réglementaires.
- .110 l'ouvrage supporte une charge B généralisée.
L'enveloppe des efforts introduits par cette charge B généralisée se cumule avec celle des efforts introduits par la charge répartie du type A.

CE Charges à caractère particulier

La donnée CE est de la forme ijm , chaque indice correspondant à un type de charges à caractères particuliers.

- i - charges généralisées à caractère particulier ; ces charges viennent en plus des charges militaires ou exceptionnelles type D et E et sont affectées dans les combinaisons d'actions des mêmes coefficients de prise en compte γ_{qc} .
- j - charges exceptionnelles réglementaires.
- m - charges militaires (Fasc.61, II, art. 10).

Le programme permet de prendre en compte au maximum 3 charges exceptionnelles (en plus des charges militaires). Valeur des indices :

- .i 0 : pas de charge généralisée à caractère particulier.
i : i charges généralisées à caractère particulier à définir dans le tableau F.
- .j 0 : pas de charge exceptionnelle réglementaire.
1 : convoi exceptionnel type D.
2 : convois exceptionnels type D et E.
- .m 0 : pas de charge militaire.
3 : charges militaires Mc 80 et Me 80.
4 : charges militaires Mc 120 et Me 120.

Exemple : CE = 124 correspond à l'admission sur l'ouvrage d'une charge généralisée dont les caractéristiques sont à définir en ligne F4 (1 ligne), des convois exceptionnels D et E, et des convois militaires Me 120 et Mc 120.

TR Mode d'application des charges de trottoirs (art. 12 et 13 Fasc. 61, titre II).

L'indicateur définissant ce mode d'application est de la forme ijk , chaque caractère ayant la signification suivante :

- i - un chiffre, différent de zéro, dans la colonne i signifie que l'ouvrage supporte les charges de trottoir de densités PSTROT indiquée ci-après :
porter en général :
 - .i = 1 si seul le trottoir de droite supporte la charge générale de densité PSTROT et la charge locale de densité PSTROL.
 - .i = 2 si seul le trottoir de gauche supporte la charge générale de densité PSTROT et la charge locale de densité PSTROL.

. i = 3 si les 2 trottoirs supportent la charge générale de densité PSTROT et la charge locale de densité PSTROL.

j - un chiffre, différent de zéro, dans la colonne j indique comment le trottoir est séparé de la chaussée ;

porter en général ;

. j = 1 si le trottoir chargeable est séparé de la chaussée par un obstacle **infranchissable** (barrière normale ou lourde).

. j = 2 si le trottoir chargeable est en bordure de chaussée, c'est-à-dire séparé de cette chaussée par un obstacle **franchissable** (bordure, glissière) ou barrière légère ; dans ce cas le trottoir doit supporter la roue isolée de 6 t définie à l'article 12 du Fasc. 61 titre II.

. j = 3 si l'ouvrage étudié est réservé à la circulation des piétons et des cycles ; dans ce cas on dispose sur la totalité de la largeur chargeable (trottoirs + piste cyclable) la charge uniforme a(1) réglementaire définie à l'article 13.2 du Fasc.61, titre II.

k - porter k = 0 (ce coefficient est réservé à des développements futurs du programme).

PSTROT

Densité de la charge générale de trottoirs en t/m^2 .
Porter normalement ;

0,150 t/m^2 pour un ouvrage sur voirie ordinaire

0 pour un ouvrage autoroutier.

PSTROL

Densité de la charge locale de trottoir en t/m^2 .
Porter normalement :

0,450 t/m^2 pour un ouvrage sur voirie ordinaire

0 pour un ouvrage autoroutier.

ψ_1

Rapport de la valeur fréquente à la valeur caractéristique des charges routières. Par défaut le programme prend les valeurs suivantes :

$\psi_1 = 0,6 \times 1,20 = 0,72$ pour les ponts de première classe

$\psi_1 = 0,4 \times 1,20 = 0,48$ pour les ponts de deuxième classe

$\psi_1 = 0,2 \times 1,20 = 0,24$ pour les ponts de troisième classe.

$\Delta\theta$

Valeur caractéristique en degrés Celsius du gradient thermique auquel est soumis l'ouvrage ; porter normalement $\Delta\theta = 12,0$.

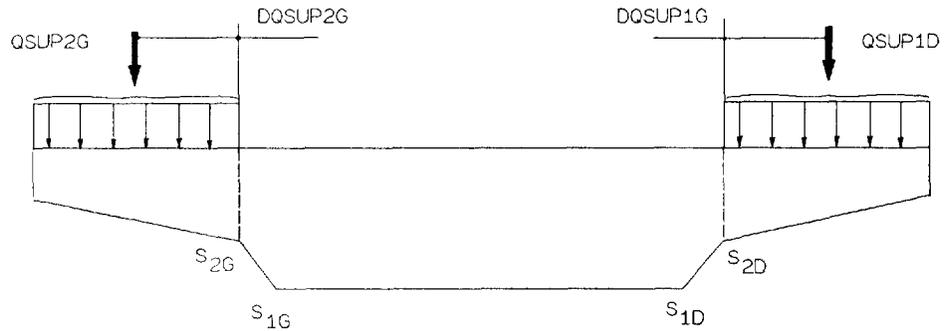
ψ_{00}

Rapport de la valeur de combinaison à la valeur caractéristique de la température considérée comme action d'accompagnement de toute autre action. Par défaut le programme prend $\psi_{00} = 0,5$.

LIGNE A10

CHARGES SUR LES ENCORBELLEMENTS LATÉRAUX

Si la dalle calculée ne comporte pas d'encorbellements en coupe transversale (c'est-à-dire si, dans la section de plus petite épaisseur, la portée de chaque encorbellement n'excède pas cette épaisseur), il n'y a pas lieu de remplir les colonnes 1 à 48 de cette ligne.



QSUP
1 ou 2
G ou D
M ou m

Valeur caractéristique maximale (M) ou minimale (m) du poids des superstructures au mètre de longueur de tablier sur toute la partie du tablier comprise entre l'extrémité gauche (indice G) ou droite (indice D) du tablier en coupe transversale, et la première (indice 1) ou la seconde (indice 2) section d'encastrement de gauche ou de droite respectivement.

Remarque

Pour une nervure de section rectangulaire, ou, plus généralement, s'il n'y a qu'une seule section d'encastrement on a :

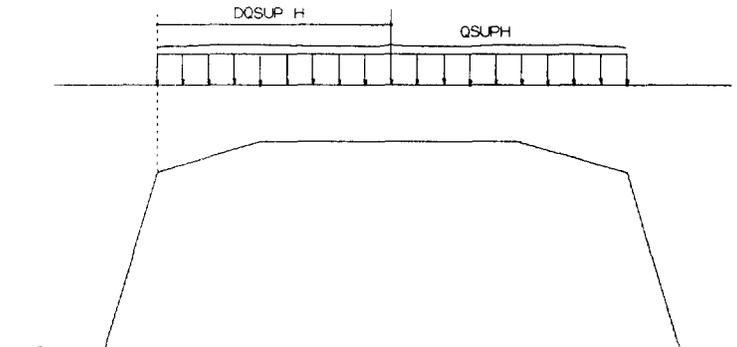
$$QSUP\ 1G = QSUP\ 2G \text{ ainsi que } QSUP\ 1D = QSUP\ 2D$$

DQSUP 1G
DQSUP 1D
DQSUP 2G
DQSUP 2D

Distance du point d'application de QSUP 1 ou QSUP 2 à : respectivement, la première ou la deuxième section d'encastrement, à gauche et à droite. Le point d'application de chaque QSUP... est le barycentre des charges de superstructures qui composent la charge totale QSUP... considérée en valeur moyenne probable.

CHARGES SUR LES HOURDIS

Les colonnes 49 à 60 de cette ligne ne sont à remplir que si l'on étudie une dalle nervurée (NERV ≥ 2 en LIGNE A5).



QSUPH	M	Valeur caractéristique maximale (M) ou minimale (m) du poids des superstructures au mètre de longueur de tablier sur les hourdis intermédiaires.
DQSUPH	m	Distance du point d'application de QSUPH à la section d'encastrement hourdis/nervure à gauche au hourdis.

LIGNE A11

COEFFICIENTS D'EXCENTREMENT

KTRG
KTRD
KA
KBC
KBT
KBR
KBG
KMC
KME
KCE1
KCE2
KCE3

Les paramètres de cette ligne doivent être introduits si le calcul par le programme des coefficients de majoration pour excentrement n'est pas demandé et si l'on a, en conséquence, porté 0 dans la case EXCENTR de la ligne A3.

Les coefficients de répartition transversale sont relatifs respectivement à la charge de trottoir à la charge A, aux charges Bc Bt Br, à la charge B généralisée, aux charges militaires Mc et Me et aux charges exceptionnelles généralisées ou réglementaires (pour les cas de charges exceptionnelles réglementaires, KCE1 correspond au convoi D, KCE2 au convoi E).

On porte normalement 0 si on a préalablement porté 1 dans la case EXCENTR de la ligne A3.

Sinon on porte pour chaque cas de charge la valeur maximum du coefficient de répartition transversale calculé suivant la convention ci-après.

Cependant il est loisible de donner la valeur 0 à un coefficient Km dont le cas de charge auquel il se rapporte n'intéresse pas l'utilisateur.

Prise en compte de la dégressivité transversale

Les coefficients d'excentrement introduits doivent tenir compte des coefficients de dégressivité transversale.

En particulier :

- les coefficients KBC et KBT doivent tenir compte respectivement des coefficients b_c et b_t définis aux articles 5.2.2. et 5.4.2. du Fasc. - 61 - titre II.
- le coefficient KA (1) doit tenir compte du coefficient a_1 défini à l'article 4.2 du fasc. 61-titre II.

Calcul des coefficients K

- si NV est le nombre de voies chargées qui produit l'effet recherché,
- si NVC est le nombre maximum de voies qu'il est possible de charger compte tenu du cas de charge envisagé,
- si K_j est le coefficient d'excentrement relatif à une charge P_j ,
- si CDT(NV) est le coefficient de dégressivité transversale relatif aux NV voies chargées du cas de charge envisagé,

alors,
$$K_m = \frac{(\sum K_j P_j) \times NV \times CDT(NV)}{(\sum P_j) \times NVC}$$

LIGNE A12 CARACTERISTIQUES DU BETON AUX DIFFERENTES PHASES DE CALCUL

t_1	Age du béton lors de la première mise en tension Porter généralement $t_1 = 7$
fc_{t_1}	Résistance caractéristique du béton à la compression au temps t_1 (t/m^2)
t_2	Age du béton lors de la seconde mise en tension Porter généralement $t_2 = 28$
fc_{t_2}	Résistance caractéristique du béton à la compression au temps t_2 (t/m^2). Remarque S'il y a une seule mise en tension mettre $t_2 = fc_{t_2} = 0$
fc_{28}	Résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours (t/m^2).
MS	Age du béton lors de la mise en service Porter généralement MS = 90
ϵ_r	$\epsilon_r = 3$ dans le quart Sud-Est de la France $\epsilon_r = 2$ dans le reste de la France
K_{f1}	Porter la valeur du facteur entrant dans le calcul du fluage du béton (BPEL art. 2.1), si celle-ci est différente de 2 (cas des bétons traditionnels).
POISSON	Coefficient de Poisson pour le béton. Porter la valeur du coefficient de Poisson si celle-ci est différente de 0,2, valeur généralement adoptée pour le béton précontraint.
DILAT	Porter la valeur en 10^{-5} du coefficient de dilatation thermique du béton si celle-ci est différente de 10^{-5}

LIGNE A13 CARACTERISTIQUES DES ARMATURES DE PRECONTRAINT
LIGNE A14

	En dimensionnement on n'utilise qu'un seul système de précontrainte (LIGNE A13). En vérification on peut utiliser deux systèmes différents de précontrainte (LIGNES A13 et A14).
f_{prg}	Contrainte de rupture garantie de l'acier de précontrainte (t/m^2).
f_{peg}	Valeur garantie de la contrainte limite conventionnelle d'élasticité de l'acier de précontrainte (t/m^2).

E_p	Module de déformation longitudinale de l'acier de précontrainte (t/m^2). Par défaut le programme prend $E_p = 19\,400\,000\ t/m^2$.
ρ_{s1000}	Valeur garantie de la perte par relaxation à 1000 heures de l'acier de précontrainte (en %). Porter généralement : $\rho_{s1000} = 2,5\%$ pour les armatures à très basse relaxation (TBR) $\rho_{s1000} = 8\%$ pour les armatures à relaxation normale (RN) Seuil de relaxation
μ_o	Le coefficient μ_o doit être pris égal à : 0,43 pour les armatures à très basse relaxation (TBR), 0,30 pour les armatures à relaxation normale (RN), 0,35 pour les autres armatures.
SECAB	Section d'acier en millimètres carrés d'un câble de précontrainte.
DGAINE	Diamètre d'encombrement de la gaine (en m) (cf circulaires d'agrément).
RECVLAN	Rentrée d'ancrage se produisant lors du report de l'effort de traction de l'armature sur le béton aux abouts (en m) (cf circulaires d'agrément).
f	Coefficient de frottement en courbe (en radians ⁻¹) (cf circulaires d'agrément)..
ϕ	Coefficient de perte de tension par unité de longueur (en m ⁻¹) (cf circulaires d'agrément).
RAYMIN	Rayon de courbure minimal des gaines (cf circulaires d'agrément).
DECALAGE	Ecart existant dans les parties les plus courbes du câble entre le centre de gravité des aciers de précontrainte et l'axe de la gaine. Porter généralement : 0,11 DGAINE s'il n'y a pas d'espaceurs d'aciers de précontrainte, ou une valeur plus faible si des espaceurs sont prévus.

Remarque

Dans le cas d'une dalle de section rectangulaire ou nervurée il peut être envisagé, comme pour les dalles élégies, de regrouper les câbles en paquets (de deux câbles superposés verticalement si DGAINE est supérieur à 5 cm). En ce cas, porter le même écart majoré d'un décalage fictif.

LIGNE A15

CARACTERISTIQUES DES ARMATURES PASSIVES

f_{e1}	Limite d'élasticité garantie des armatures passives (en t/m ²).
f_{e2}	
	f_{e1} : pour les ferrillages longitudinal et transversal
	f_{e2} : pour les étriers
η	Coefficient de fissuration relatif aux aciers passifs. Porter normalement $\eta = 1,6$
E_s	Module de déformation longitudinale des aciers passifs en t/m ² . Par défaut le programme prend $E_s = 20\ 400\ 000$ t/m ² .

LIGNE A16

DIMENSIONNEMENT AUTOMATIQUE DU TABLIER

Cette ligne n'est à remplir que si CABLAGE vaut 1 (ligne A3). Dans le cas d'une vérification (CABLAGE = 4) les données ci-dessous ne seront donc pas prises en compte par le programme.

CLASBP Classe de vérification de l'ouvrage pour les justification des contraintes normales vis à vis de l'état-limite de service.
Porter dans la colonne de droite, la classe de vérification adoptée pour l'ouvrage étudié telle qu'elle est définie à l'article 1.3 du BPEL.
Porter généralement 2 pour le ouvrages courants.

K1, K2, K3 Valeur du rapport homographique K.
La recherche du câblage est faite moyennant l'indication de trois valeurs particulières du rapport K défini ainsi :

$$K_i = \frac{e_c - e_i}{e_s - e_i}$$

Ce rapport obligatoirement compris entre 0 et 1, définit l'excentrement (e_c) du câble concordant par rapport aux limites supérieure (e_s) et inférieure (e_i) du fuseau résultant (ces valeurs mesurées par rapport à la fibre moyenne sont positives vers le haut).

Les trois valeurs particulières de K à porter dans le bordereau sont les suivantes :

K1, valeur commune sur appuis intermédiaires.

K2, valeur commune aux points de moments maxima en travées intermédiaires.

K3, valeur commune aux abouts.

En général on portera :

$$K1 = 0$$

$$K2 = 1$$

$$K3 = \text{valeur à calculer en fonction de l'excentrement du câble moyen aux abouts.}$$

Cas particuliers.

1 - Pour un ouvrage à 2 travées, on porte :

$$K1 : 0,2$$

$$K2 : 1$$

$$K3 : \text{à calculer}$$

- 2- Pour un ouvrage à larges encorbellements, on porte :
- K1 : entre 0,2 et 0,3
 - K2 : 1
 - K3 : à calculer

Remarques

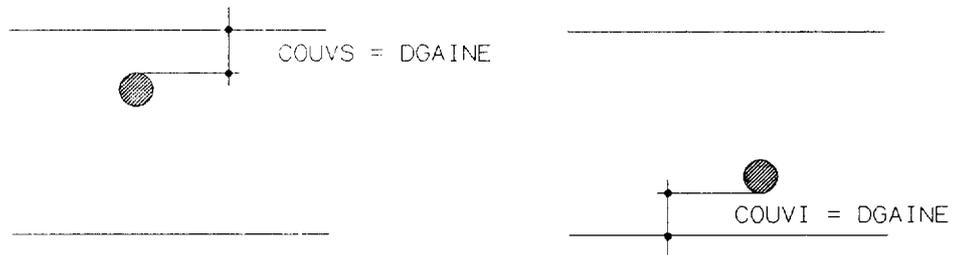
1. Pour le calcul de K3, on conseille ;
 - * pour une dalle rectangulaire ou sans encorbellements notables, de faire sortir le câble au niveau de la libre moyenne ($e_c = 0$)
 - * pour une dalle à larges encorbellements, de faire sortir le câble à mi-hauteur de la dalle.
 2. Vérifier que les corps d'ancrage, de barycentre e_c , respectent les distances minimales entre eux et les distances au contour de la section d'about, particulièrement dans le cas d'épanouissement des câbles.
- Si cette condition est déterminante, réajuster la valeur de e_c et en déduire K3.

COUVS
COUVI

Couvertures minimales de béton aux points hauts et points bas du tracé de précontrainte.

Porter la distance de la génératrice la plus excentrée des gaines au parement horizontal (Supérieur ou Inférieur) le plus proche.

Les valeurs les plus courantes de COUVS et COUVI sont schématisées ci-dessous ;



PCENT

Pourcentage d'armatures mises en tension à une époque donnée.

* Si l'ouvrage est mis en précontrainte en deux temps (une première mise en tension à t_1 jours et une seconde mise en tension à t_2 jours).

Porter le pourcentage d'armatures mises en tension à t_1 jours.

En général, on conseille de porter 60, car ce pourcentage est suffisant pour permettre le décintrement de l'ouvrage.

* Si l'ouvrage est mis en précontrainte en une seule fois ;

Porter 100 si toutes les armatures sont mises en tension à t_1 jours.

Porter 0 si toutes les armatures sont mises en tension à t_2 jours.

MODE

Nature des ancrages.

Porter 0 si on ne connaît pas a priori le mode de tension le plus avantageux pour l'ouvrage. Le programme déterminera alors le mode de tension optimum (types d'ancrages à chaque extrémité) automatiquement.

Porter 1 si la mise en tension est assurée par un ancrage actif à l'extrémité gauche de l'ouvrage et si l'autre extrémité comporte un ancrage mort pour tous les câbles.

Porter 2 si la mise en tension est assurée par un ancrage actif à l'extrémité droite de l'ouvrage et si l'autre extrémité comporte un ancrage mort pour tous les câbles.

Porter 3 si tous les câbles sont munis d'un ancrage actif à leurs deux extrémités (valeur habituelle pour les ouvrages construits en une seule phase).

Porter 4 si les ancrages actifs des câbles, tirés d'un seul côté, sont alternativement prévus à l'une et à l'autre extrémité de l'ouvrage.

σ_{p0} Tension à l'origine des armatures de précontrainte (cf art. 3.1 du BPEL). La valeur maximale de cette tension en doit pas dépasser la plus faible des valeurs suivantes :

- valeur figurant dans l'arrêté d'agrément du procédé de précontrainte utilisé.
- $0,80 f_{prg}$ (cf lignes A13 et A14)
- $0,90 f_{pcg}$ (cf lignes A13 et A14)

LIGNE A17

TASSEMENTS

Les tassements interviennent au cours du calcul selon les modalités définies par la ligne A3. Les données de cette ligne A17 ne sont à fournir que si TASMMENT = 2 en colonne 9 de la ligne A3.

$\Delta\bar{\sigma}$ Variation admissible de la contrainte limite de traction du béton de l'ouvrage en présence de tassements aléatoires. En d'autre terme $\Delta\bar{\sigma}_{\text{mini}} + \Delta\bar{\sigma}$ est la contrainte limite de traction du béton en section d'enrobage de l'ouvrage en service toutes pertes déduites en présence des tassements probables et aléatoires.

YOUNG Valeur comprise entre 3 et 5 servant à déterminer la valeur $E_{i_{28}}/\text{YOUNG}$ du module de déformation du béton utilisé par le programme dans le calcul des efforts dus aux tassements des appuis, $E_{i_{28}}$ étant la valeur du module de déformation instantanée du béton à 28 jours. Sauf précisions contraires, porter $\text{YOUNG} = 1 + K_{r1}$, K_{r1} ayant la valeur définie en ligne A12.

KTP Fraction des tassements probables et aléatoires définis ci-après, prise en compte dans les calculs de combinaisons à l'état limite de service ; porter normalement 1.

TP_j Tassement probable de l'appui j

ΔT_j Valeur absolue du tassement aléatoire de l'appui j

LIGNE A18

DIMENSIONNEMENT DES APPAREILS D'APPUI

(cf B.T.4 du C.T.O.A. du S.E.T.R.A.)

COMPRENV Compression admissible moyenne des appareils d'appuis en élastomère fretté sous charge permanente.
 $\text{COMPRENV} = 500 \text{ à } 750 \text{ t/m}^2$ (valeur conseillée)

COMPREBV Compression admissible moyenne des articulations par section rétrécie de béton, sous charge permanente.
 $\text{COMPREBV} = 2 \text{ 500 t/m}^2$ (valeur conseillée)

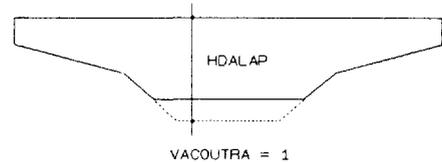
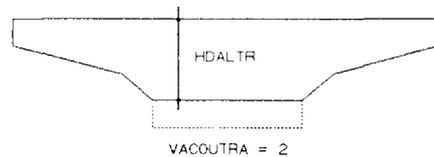
COMPENS	Compression admissible moyenne des appareils d'appui en élastomère fretté sous charges maximales. COMPENS = 1 000 à 1 500 t/m ² (valeur conseillée)
COMPREBS	Compression admissible moyenne des articulations par section rétrécie de béton, sous charges maximales. COMPREBS = 4 000 t/m ² (valeur conseillée)
SYMAP	Symétrie longitudinale des appareils d'appui Porter 0, s'il n'y a pas de symétrie Porter 1, s'il y a symétrie longitudinale Porter 2, si les appareils d'appui sur les appuis intermédiaires sont tous identiques.
TYPAP _j	Type des appareils d'appui utilisés pour l'appui j Porter 0 si l'appareil d'appui est constitué par une section rétrécie de béton. Porter 1 si l'appareil d'appui est en élastomère fretté. Porter 2 si l'appareil d'appui est d'un type différent des deux précédents.
NAP _j	Nombre d'appareils d'appui dans la ligne d'appui considérée.

TABLEAU B

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA STRUCTURE

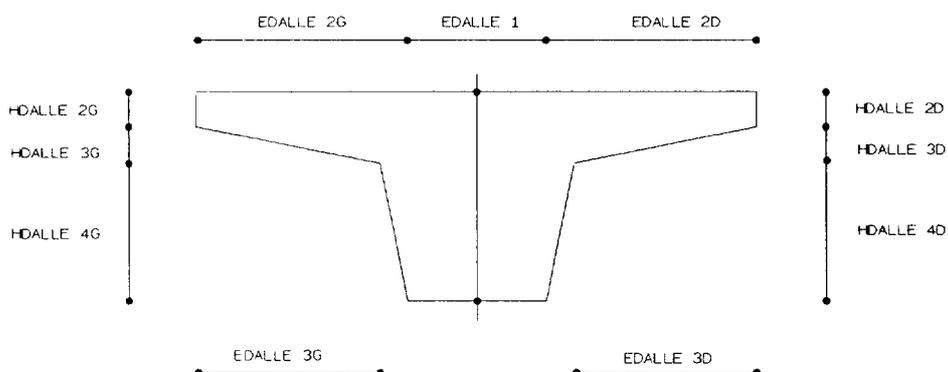
LIGNE B1 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES TRANSVERSALES

VACOUTRA Ce paramètre indique les VARIations éventuelles des COUPes TRAnsversales.
 Porter 0, si l'ouvrage présente des caractéristiques transversales constantes tout le long de l'ouvrage.
 Porter 1, si l'ouvrage est de hauteur variable et présente une ou plusieurs nervures dont la largeur mesurée à l'intrados, varie d'une section à l'autre suivant le schéma ci-dessous.
 Porter 2, si l'ouvrage est de hauteur variable et présente une ou plusieurs nervures dont la largeur, mesurée à l'intrados, demeure constante.



HDALTR		Epaisseur minimum de la dalle à mi-portée.
HDALAP		Epaisseur maximale de la dalle sur appuis.
EDALLE 1		Largeur droite d'une nervure à l'intrados dans la section de plus petite hauteur.
EDALLE 2	G D	Largeur droite de l'encorbellement de gauche (G) ou de droite (D) (voir schéma ci-dessous).
EDALLE 3	G D	Largeur droite du premier gousset (correspondant respectivement à HDALLE 3 G et HDALLE 3 D) rencontré à partir de l'extrémité gauche ou droite des encorbellements.
HDALLE 2	G D	Epaisseur de la dalle aux extrémités des encorbellements de gauche (G) et de droite (D).
HDALLE 3	G D	Epaisseur du premier gousset rencontré à partir de l'extrémité gauche (G) ou droite (D) des encorbellements. Ne rien porter si la coupe transversale de la dalle ne comporte pas de gousset.

- HDALLE 4** **G** Epaisseur du deuxième gousset rencontré à partir de l'extrémité gauche (G) ou droite (D) des encorbellements vers la fibre médiane de la dalle.
D Ne rien porter s'il n'y a pas de deuxième gousset.



Compte tenu des dispositions adoptées on doit avoir :

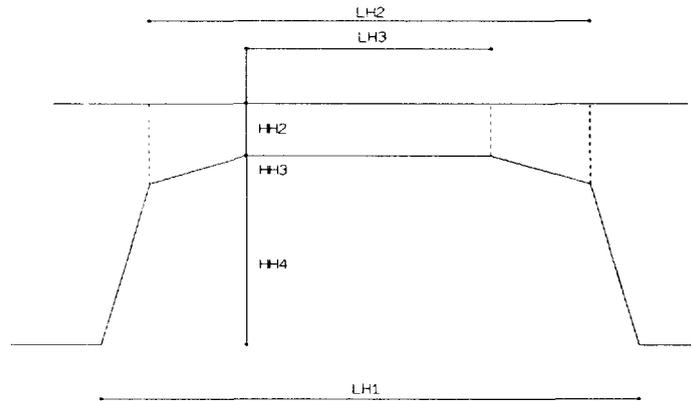
- * $HDALLE2. + HDALLE3. + HDALLE4. \leq HDALTR$
- * $EDALLE3. \leq EDALLE2.$
- * $EDALLE2G + EDALLE1 + EDALLE2D = ETROTG + EGAU + ESURCH + EDROI + ETROTD$

LIGNE B2 **CETTE LIGNE N'EST A REMPLIR QUE SI NERV ≥ 2 (cas de ponts à nervures multiples).**

- LH1** Largeur droite du hourdis mesurée entre les arêtes inférieures de deux nervures (voir schéma ci-dessous) dans la section de hauteur minimum.
- LH2** Largeur du hourdis mesuré entre les sections d'encastrement du premier gousset (défini par HH3).
- LH3** Largeur du hourdis intermédiaire entre les origines des premiers goussets.
- HH2** Hauteur minimum du hourdis intermédiaire.
- HH3** Hauteur du premier gousset.

HH4

Hauteur du second gousset ou du parement de la nervure dans la section de hauteur minimum.



On doit vérifier :

* $HH2 + HH3 + HH4 \leq HDALTR$

* $LH3 \leq LH2 \leq LH1$

* $EDALLE2G + EDALLE1 \times NERV + LH1 \times (NERV - 1) + EDALLE2D = ETROTG + EGAU + ESURCH + EDROI + ETROTD$

CARACTERISTIQUES DE LA DALLE NERVUREE EQUIVALENTE

(pour les calculs de répartition transversale)

- ANERV * Epaisseur moyenne des âmes des nervures. Le programme détermine normalement lui même cette épaisseur ; **on ne remplira donc pas cette case dans les cas courants.**
- EPAIS * Epaisseur du hourdis. Le programme prend normalement $EPAIS = HH2$; cette disposition peut, dans certains cas, conduire à sous-estimer notablement certains efforts, on pourra donc porter ici une valeur de EPAIS différente de HH2 en se référant aux exposés de CART FAUCHART sur les calculs de flexion transversale pour sa détermination (cf Annales de l'I.T.B.T.P. Juillet-Aout 1970).
- HNERV * Hauteur d'une nervure pour le calcul de l'inertie de torsion. Le programme prend normalement pour calculer l'inertie de torsion d'une nervure dans une travée, la hauteur minimum dans cette travée ; on pourra éventuellement en remplissant la donnée HNERV imposer une inertie de torsion qui sera alors identique pour toutes les travées.
- AL(1) * Largeur de la dalle en encorbellement mesurée à partir de l'axe de la nervure de rive : cette donnée est normalement déterminée à partir des données de la ligne B1.
- AL(2) * Distances entre-axes des nervures : cette donnée est normalement déterminée à partir des autres données de la ligne B2.

* REMARQUE

Utilisation des données EPAIS, ANERV, HNERV, AL(1), AL(2)

L'utilisation de ces données doit normalement être réservée aux calculs d'ouvrages dont les caractéristiques transversales sortent du cadre prévu par le programme (par exemple lorsque les caractéristiques géométriques Aire, Inertie etc... sont introduites à l'aide du tableau D et donc lorsque INERTIE = 0 - ligne A3).

Toutefois ces données peuvent être utilisées indépendamment les unes des autres.

LIGNES B3A - B3B
à
LIGNES B8A - B8B

HAUTEURS DE LA DALLE

Ce tableau n'est à fournir que si l'on étudie une dalle de hauteur variable présentant un intrados parabolique.

Porter dans ce cas, la hauteur de la dalle dans chaque section de la travée j.

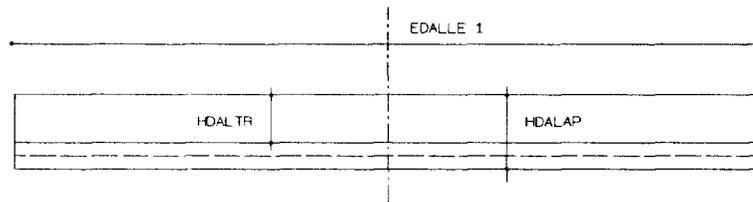
Dans les autres cas (hauteur constante ou hauteur variable avec gousset) on ne fournit pas ces lignes.

COUPES TRANSVERSALES CALCULABLES

On se reportera aux dessins ci-contre lors de la mise au point des données à inscrire dans le bordereau (cf. commentaires)

- Toutes les sections transversales définies ci-après peuvent être éléguées.
- La partie hachurée de chaque coupe transversale définit la section dont les caractéristiques sont décrites au tableau B du bordereau des données.

TYPE 1

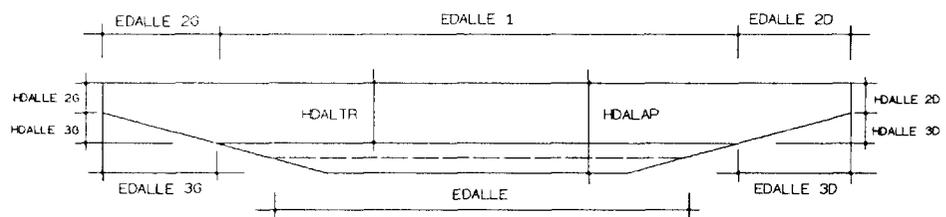


$$EDALLE 2. = EDALLE 3. = 0$$

$$HDALLE 2. = HDALLE 3. = 0$$

$$VACOUTRA = 2$$

TYPE 2

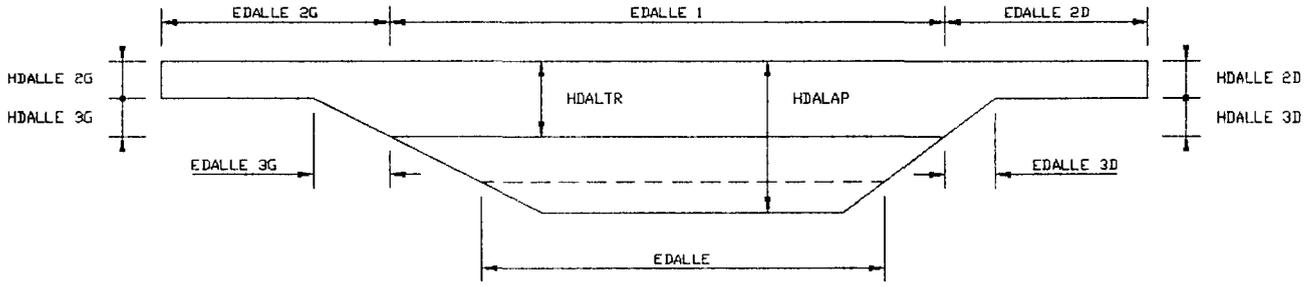


$$EDALLE 2. = EDALLE 3.$$

$$HDALTR = HDALLE 2. + HDALLE 3.$$

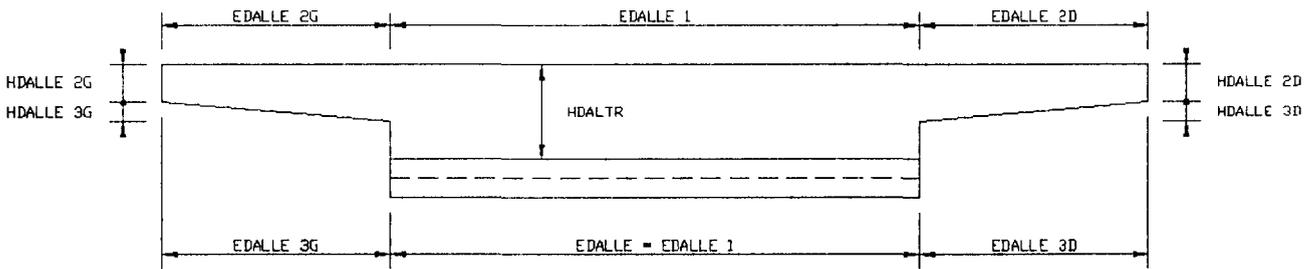
$$VACOUTRA = 1$$

TYPE 3



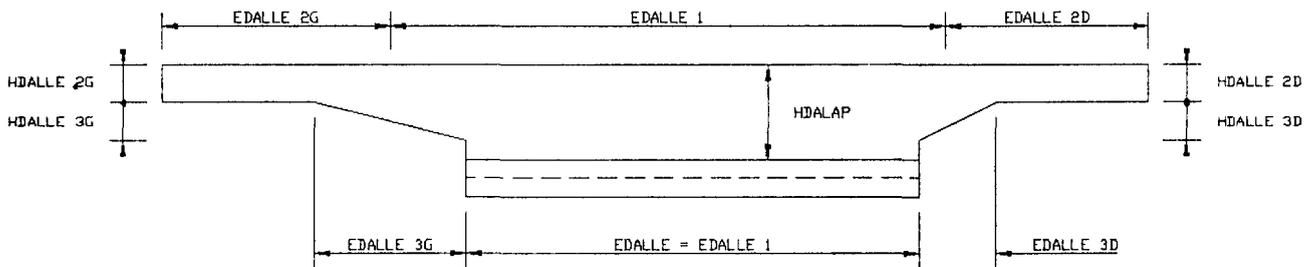
$$\begin{aligned} \text{HDALTR} &= \text{HDALLE 2} + \text{HDALLE 3} \\ \text{VACOUTRA} &= 1 \\ \text{EDALLE 3} &\neq 0 \end{aligned}$$

TYPE 4



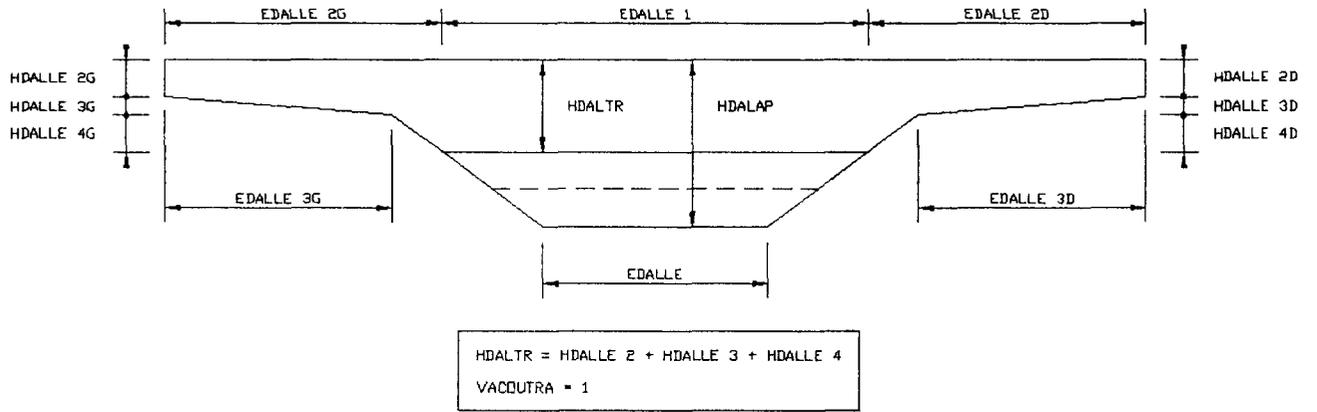
$$\begin{aligned} \text{EDALLE 2} &= \text{EDALLE 3} \\ \text{HDALTR} - (\text{HDALLE 2} + \text{HDALLE 3}) &> 0 \\ \text{VACOUTRA} &= 2 \\ \text{EDALLE 3} &\geq 0 \end{aligned}$$

TYPE 5

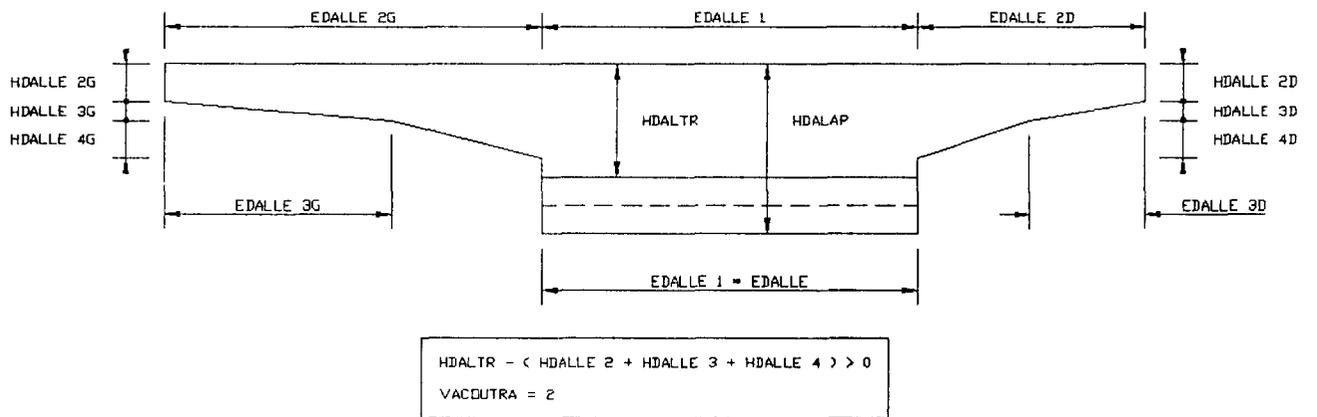


$$\begin{aligned} \text{EDALLE 2} &> \text{EDALLE 3} \geq 0 \\ \text{HDALTR} - (\text{HDALLE 2} + \text{HDALLE 3}) &> 0 \\ \text{VACOUTRA} &= 2 \end{aligned}$$

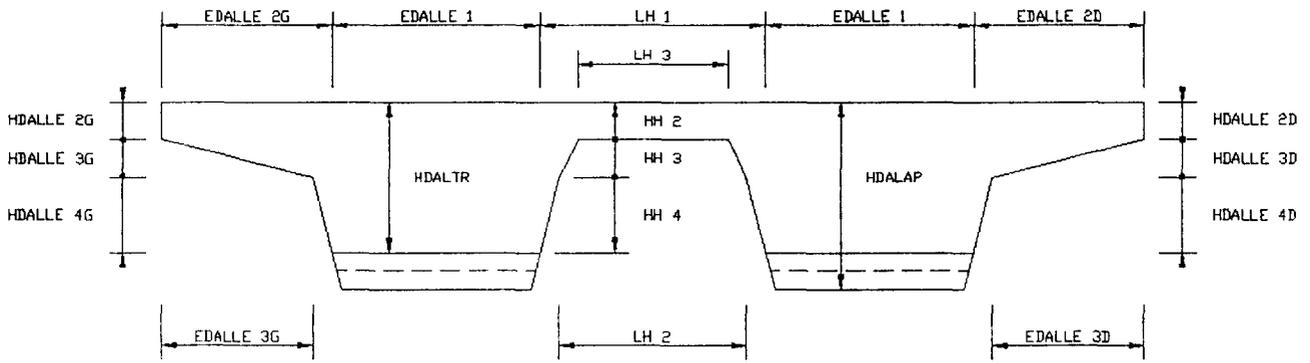
TYPE 6



TYPE 7

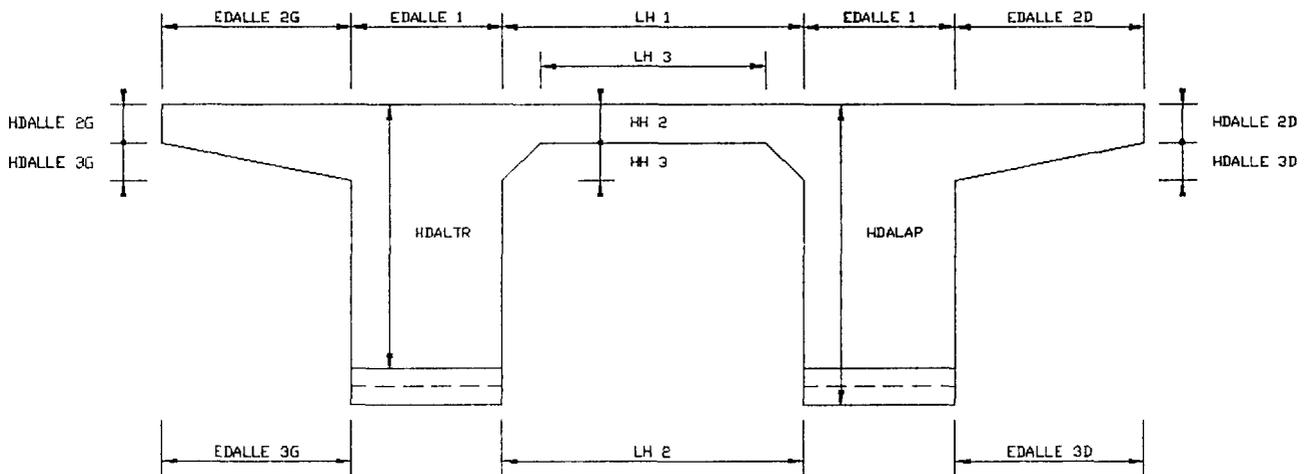


TYPE 8



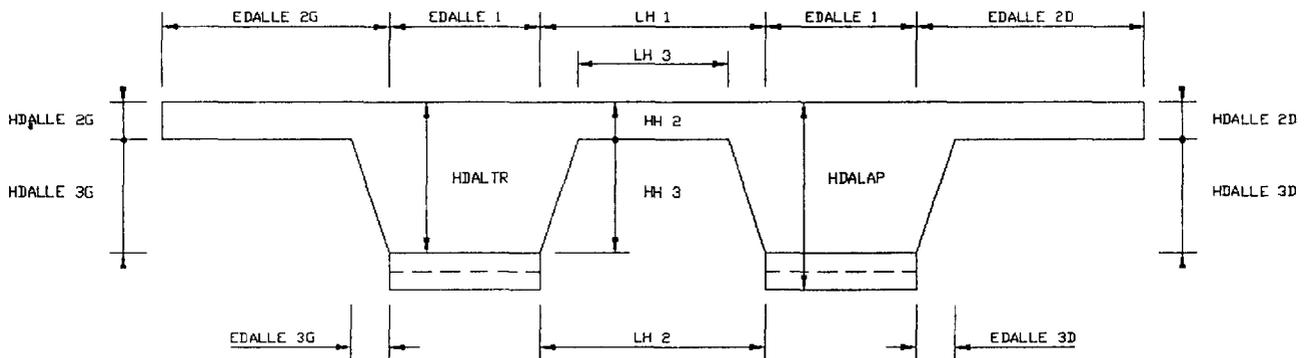
$NERV = 2 \quad VACOUTRA = 1$
 $HDALTR = HDALLE 2 + HDALLE 3 + HDALLE 4$
 $HDALTR = HH 2 + HH 3 + HH 4$
 $LH 1 \geq LH 2 \geq LH 3$

TYPE 9



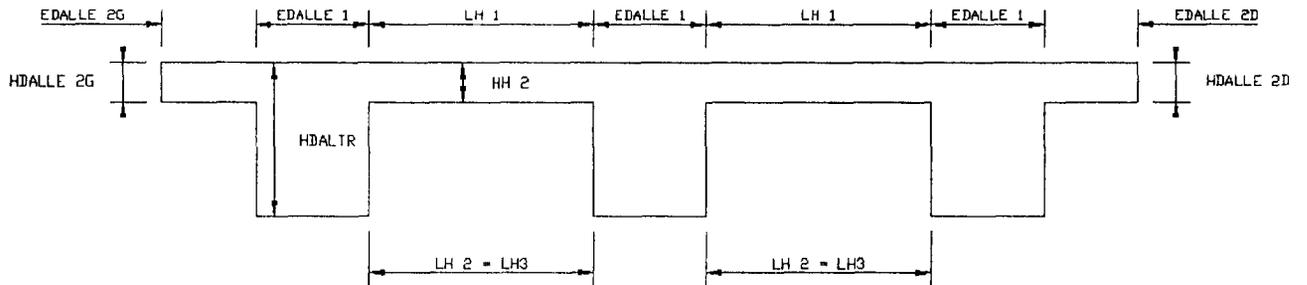
$NERV = 2 \quad VACOUTRA = 2$
 $HDALTR - (HDALLE 2 + HDALLE 3) > 0$
 $HDALTR - (HH 2 + HH 3) > 0$
 $EDALLE 2 = EDALLE 3 \quad LH 2 = LH 1$
 $HDALLE 4 = 0 \quad HH 4 = 0$

TYPE 10



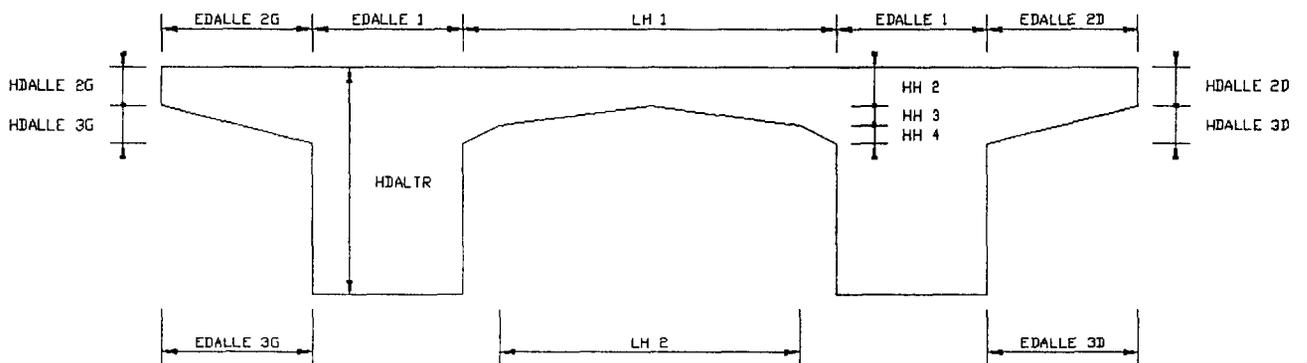
$NERV = 2 \quad VACOUTRA = 2$
 $HDALTR - (HDALLE 2 + HDALLE 3) \geq 0$
 $HDALTR - (HH 2 + HH 3) \geq 0$
 $HDALLE 4 = 0 \quad HH 4 = 0 \quad LH 2 = LH 1$

TYPE 11



NERV = 3	VACOUTRA = 0	
EDALLE 3 = 0	HDALLE 3 = 0	HDALLE 4 = 0
LH 1 = LH 2 = LH 3	HH 3 = 0	HH 4 = 0
HDALTR = HDALAP		

TYPE 12



NERV = 2	VACOUTRA = 0
HDALLE 4 = 0	LH 3 = 0
$HDALTR - (HDALLE 2 + HDALLE 3) \geq 0$	
$HDALTR - (HH 2 + HH 3 + HH 4) \geq 0$	
HDALTR = HDALAP	

TABLEAU C

VERIFICATION DE LA PRECONTRAINTE

Ce tableau qui permet de décrire les caractéristiques d'une famille de câbles à vérifier, n'est à remplir que si la donnée CABLAGE vaut 4 (LIGNE A3).

Le programme MCP a été conçu de manière à permettre la vérification automatique d'une précontrainte mise en oeuvre par des câbles éventuellement non filants, ce qui a conduit à considérer des familles de câbles regroupant chacune des câbles de mêmes caractéristiques ayant de plus, aux distances entre corps d'ancrage près, mêmes absisses d'origine et d'extrémité.

Si une famille ainsi définie doit être mise en tension en deux temps, l'utilisateur doit prévoir une famille supplémentaire car **toutes les armatures d'une famille doivent être tendues le même jour.**

En résumé, une famille est donc définie comme celle formée de câbles :

- ayant les mêmes caractéristiques géométriques et mécaniques,
- de même tracé, en particulier de mêmes sections d'ancrage,
- et mis en tension à la même date.

Dans le cas général de plusieurs familles de câbles, chaque famille peut être constituée de l'une ou l'autre des deux catégories d'armatures dont les caractéristiques géométriques et mécaniques figurent dans les lignes A13 et A14 du tableau A.

Le tableau C proposé ne permettant la vérification que d'un seul tracé, l'utilisateur doit remplir autant de tableaux C qu'il y a de familles de câbles ; ce nombre est limité à 8.

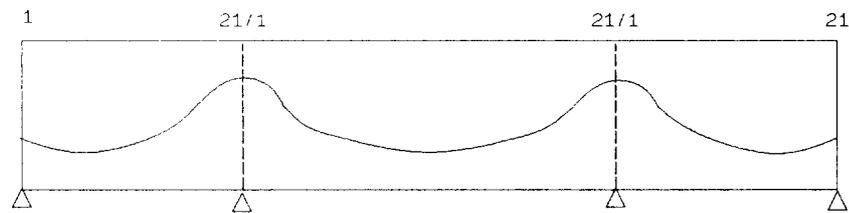
Les familles de câbles doivent être décrites dans l'ordre de leurs mise en tension.

LIGNE C0 CARACTERISTIQUES DE LA FAMILLE DE CABLES

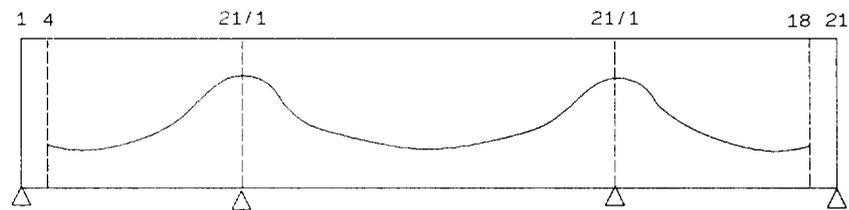
CLASBP	Classe de vérification de l'ouvrage définie pour les justifications des contraintes normales vis-à-vis de l'état limite de service. Porter, dans la colonne de droite, la classe de vérification adoptée pour l'ouvrage étudié, telle qu'elle est définie à l'article 1.3 du BPEL.
NPH	Identification de la phase (donnée non opérationnelle). Porter normalement 1.
NFC	Nombre de familles de câbles à vérifier ($NFC \leq 8$).
NUM	Numéro de la famille de câbles considérée.
ARMA	Porter 1 si les armatures appartiennent au premier système de précontrainte ; les caractéristiques géométriques et mécaniques de ces armatures sont alors introduites sur la ligne A13. Porter 2 si les armatures appartiennent au second système de précontrainte ; les caractéristiques géométriques et mécaniques de ces armatures sont alors introduites sur la ligne A14.

- NCAB Nombre de câbles que comporte la famille considérée.
- IC1 Numéro de la travée dans laquelle commence la famille,
- JC1 Numéro de la section de la travée IC1 dans laquelle commence la famille,
- IC2 Numéro de la travée dans laquelle s'arrête la famille,
- JC2 Numéro de la section de la travée IC2 dans laquelle s'arrête la famille.

Exemples :



IC1 = 1 JC1 = 1 IC2 = 3 JC2 = NDIV+1



IC1 = 1 JC1 = 4 IC2 = 3 JC2 = 18

MT Age du béton lors de la mise en tension des armatures de la famille considérée ; cette valeur doit être égale à t_1 ou à t_2 définis en ligne A12.

MODE Nature des ancrages.

Porter 1 si la mise en tension est assurée par un ancrage actif à l'extrémité gauche de l'ouvrage et si l'autre extrémité comporte un ancrage mort pour tous les câbles.

Porter 2 si la mise en tension est assurée par un ancrage actif à l'extrémité droite de l'ouvrage et si l'autre extrémité comporte un ancrage mort pour tous les câbles.

Porter 3 si tous les câbles sont munis d'un ancrage actif à leurs deux extrémités.

Porter 4 si les ancrages actifs des câbles, tirés d'un seul côté, sont alternativement prévus à l'une et à l'autre extrémité de l'ouvrage.

σ_{p0} Tension à l'origine des armatures de précontrainte (cf article 3.1 du BPEL), la valeur maximale de cette tension ne doit pas dépasser la plus faible des valeurs suivantes :

- valeur figurant dans l'arrêté d'agrément du procédé de précontrainte utilisé.
- $0,80 f_{prg}$ (cf lignes A13 et A14)
- $0,90 f_{peg}$ (cf lignes A13 et A14)

**LIGNES CiA
et
LIGNES CiB** **ORDONNEES DE LA FAMILLE DE CABLES PAR RAPPORT A
L'INTRADOS**

Ne rien porter dans la section de la travée i considérée si cette section se situe hors de l'intervalle (IC1, JC1) (IC2, JC2).

Sinon, porter la valeur de l'ordonnée du câble moyen de la famille considérée dans les sections de la travée I.

Remarque

L'attention de l'utilisateur est attirée sur le fait que l'ordonnée dont il s'agit est l'ordonnée du centre de gravité du câble moyen et non l'ordonnée de la gaine ; la donnée DECALAGE définie en lignes A13 et A14 n'étant en ce cas pas considérée.

TABLEAU D

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

L'utilisation du tableau D correspond aux cas d'ouvrages de formes complexes dont la géométrie transversale sort du cadre prévu par les données du tableau B.

Ce tableau n'est donc fourni que si l'on a porté $INERTIE = 0$ en ligne A3.

On remplira autant de tableaux D qu'il y a de travées.

LIGNES D1 à D24

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Chaque ligne décrit une section de calcul :

* les lignes D1 à D21 concernent les sections courantes.

* les lignes D22 et D23 concernent les sections de fin de gousset gauche et d'amorce de gousset droit.

* la ligne D24 concerne la section déterminante de la travée.

Remarque : Nombre de lignes à remplir :

* $VACOUTRA = 0$ (ligne B1), l'ouvrage étant d'inertie constante, l'utilisateur ne remplit que la ligne D1, les lignes D2 à D24 n'étant pas fournies.

* $VACOUTRA = 1$ ou 2 (ligne B1) ; l'ouvrage est d'inertie variable, l'utilisateur doit remplir :

. les $(NDIV + 1)$ premières lignes (si $NDIV < 20$ les lignes D de $NDIV + 2$ à 21 restent vierges)

. les lignes D22 et D23 si $IGOUS = 1$ (cf. ligne A6)

. la ligne D24

AIRE	Aire de la section brute.
STAT	Moment statique de l'aire brute par rapport à l'extrados de la dalle.
XIN	Moment d'inertie de la section par rapport à la fibre moyenne.
WS	Distance de la fibre supérieure de la dalle au centre de gravité.
WI	Distance de la fibre inférieure de la dalle au centre de gravité.
ETA	Rendement géométrique de la section.

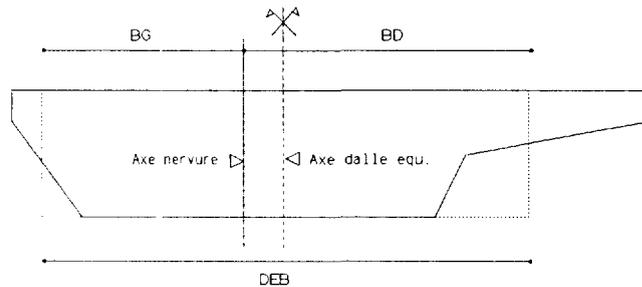
LIGNE D25

CARACTERISTIQUES DE LA DALLE RECTANGULAIRE EQUIVALENTE

Pour le calcul de la répartition transversale des efforts longitudinaux et des efforts de flexion transversale, le programme substitue à la dalle réelle une dalle rectangulaire équivalente de largeur DEB, de même inertie de flexion longitudinale et de même hauteur que la section médiane de la travée concernée.

Les données de la ligne D25 n'ont un sens que si $NERV = 1$ (ligne A5) ; si $NERV \geq 2$ la ligne D25 reste vierge.

- BG Distance de l'extrémité gauche de la dalle équivalente par rapport à l'axe de la nervure.
- BD Distance de l'extrémité droite de la dalle équivalente par rapport à l'axe de la nervure.
- DEB Largeur totale de la dalle équivalente $DEB = BG + BD$.



Remarques

- (1) Etude de la répartition transversale des efforts longitudinaux ou de la flexion transversale (cas où $EXCENTR = 1$ ou $MOTRAN = 1$ ligne A3).
- a) cas où $EXCENTR = 1$ ou $MOTRAN = 1$ (ligne A3)
Dans le cas d'ouvrage de formes complexes ces effets sont étudiés par le programme dans les conditions suivantes :
- * $NERV = 1$ (ligne A5) ; l'ouvrage est alors considéré comme une dalle à une nervure : l'utilisateur doit remplir les lignes D25. L'étude est faite suivant la méthode de GUYON-MASSONNET.
 - * $NERV \geq 2$ (ligne A5) ; l'ouvrage est alors une dalle à nervures multiples : l'utilisateur doit remplir les cases hachurées (ANERV - EPAIS - HNERV - AL (1) - AL (2)) de la ligne B2. L'étude est faite suivant la méthode de CART-FAUCHART.
- b) cas où $EXCENTR = 0$ et $MOTRAN = 0$ (ligne A3)
On remplira en conséquence les données de la ligne A11 (coefficients de répartition transversale).
- (2) Dans le cas où l'on a porté $INERTIE = 0$, on a également :
- $DIMAP = 0$
 $ETRIER = 0$ } ligne A3
- et les calculs correspondants ne peuvent être effectués. En outre, l'étude à l'Etat-Limite Ultime et à l'Etat-Limite de Service en section fissurée (cas de la classe III du BPEL) ne sera pas fournie non plus.

TABLEAU E

ETUDES B.P. EXTRA REGLEMENTAIRES

L'utilisation du tableau E est réservée aux cas de calculs non conformes au BPEL, si l'on a préalablement porté BPEL = 0 en ligne A3.

LIGNE E1 CONTRAINTES LIMITES DEFINISSANT LA CLASSE DE VERIFICATION

Conventions de signes :

Les contraintes suivantes sont positives si elles correspondent à des compressions et négatives si elles correspondent à des tractions.

Contraintes limites en section d'enrobage

$\bar{\sigma}_{j(t_1)} \bar{\sigma}_{j(t_2)}$ Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage à ne pas dépasser à la mise en tension respectivement à t_1 et à t_2 jours.

$\bar{\sigma}_{QL}$ Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage sous la combinaison quasi permanente, c'est-à-dire les charges permanentes (poids propre + superstructures + tassements probables s'il y a lieu).

$\bar{\sigma}_x$ Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage sous la combinaison fréquente, c'est-à-dire sous la combinaison des charges de longue durée, de la fraction ψ_1 des charges d'exploitation et $\psi_{0,9}$ du gradient thermique s'il y a lieu.

$\bar{\sigma}_{mini}$ Contrainte limite minimale du béton en section d'enrobage sous la combinaison rare en l'absence de tassement aléatoire (porter le signe + si l'on désire une compression résiduelle en service).

Contraintes limites hors section d'enrobage

$\bar{\sigma}_{j,2(t_1)} \bar{\sigma}_{j,2(t_2)} \bar{\sigma}_{QL,2}$
 $\bar{\sigma}_{x,2} \bar{\sigma}_{mini,2}$ Mêmes significations que celles des contraintes plus haut sauf qu'elles se rapportent ici hors section d'enrobage.

γ_{bj1} Coefficient définissant la contrainte limite de compression du béton à la 1ère mise en tension : f_{cj} / γ_{bj}

γ_{bj2} Même définition que ci-dessus, mais ici rapportée à la 2ème mise en tension.

γ_{bv} Coefficient définissant la contrainte limite du béton sous l'effet de la combinaison rare en service toutes pertes déduites : f_{c28} / γ_{bv}

PO2 } P2
DP2 }

En respectant les notations de l'article 4.1 du BPEL on rappelle que :

$$\sigma_{p1} = PO1.\sigma_{po} - DP1\Delta\sigma_{pj} \rightarrow P \text{ indice 1}$$

$$\sigma_{p2} = PO2.\sigma_{po} - DP2\Delta\sigma_{pj} \rightarrow P \text{ indice 2}$$

LIGNE E4

MODULES ET CALCUL DES DEFORMATIONS DU BETON

$E_{ij(t1)}$ $E_{ij(t2)}$	Modules d'élasticité de déformation instantanée du béton à la mise en tension à t_1 jours et à t_2 jours en t/m^2 .
E_{i28}	Modules de déformation instantanée du béton en service en t/m^2 .
N_i N_v	Coefficients d'équivalence acier - béton correspondants aux déformations instantanées et différées du béton entrant dans le calcul de la déformation du béton jusqu'à la décompression et dans la justification à l'état limite de service.
$r(t_1)$ $r(t_2)$ $r(t_2-t_1)$ $r(MS-t_1)$ $r(MS-t_2)$	Valeurs de la loi d'évolution du retrait servant à la détermination des pertes de précontrainte par retrait du béton ; les notations sont celles de la ligne A12, les valeurs étant données pour t_1 jours, t_2 jours, (t_2-t_1) jours, $(MS-t_1)$ jours et $(MS-t_2)$ jours. On rappelle que : $r(0) = 0$ et $r(t \rightarrow \infty) = 1$
K_{n1} K_{n2} K_{n3}	Valeurs du coefficient de fluage pour l'évaluation des pertes de précontrainte par fluage du béton respectivement à t_1 jours, à t_2 jours et en service.

Remarque sur le choix de la classe de vérification

La donnée CLASBP (classe de vérification du BPEL) de la ligne A16 (s'il s'agit d'un dimensionnement) ou de la ligne CO (s'il s'agit d'une vérification) n'a plus de signification dans le cas d'une étude extra-réglementaire. Toutefois, elle permet d'orienter les calculs effectués par le programme, à savoir : (par analogie avec le BPEL).

CLASBP = 1 ou 2 :	justifications E.L.S. (en section supposée non fissurée) justifications E.L.U.
CLASBP = 3 :	justifications E.L.S. en section supposée non fissurée justifications E.L.U. justifications E.L.S. en section supposée fissurée.

TABLEAU F

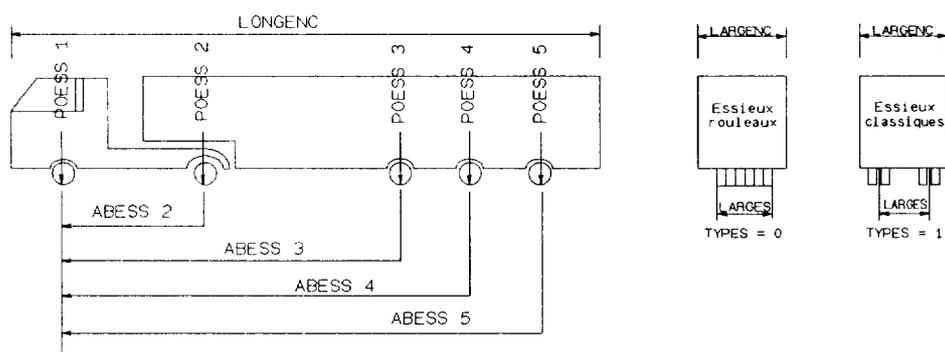
CHARGES D'EXPLOITATION GENERALISEES

Ce tableau qui permet de décrire les charges d'exploitation généralisées n'est à remplir que si le chiffre des centaines des données A, B, CE ou si IQSP est différent de 0 (LIGNE A9).

LIGNE F1

CHARGES B GENERALISEES

Ligne à remplir seulement si le chiffre des centaines de la donnée B (cf. ligne A9) vaut 1.



NCAM	Nombre de véhicules par voie de circulation ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 6.
NES	Nombre d'essieux par véhicule ; ce nombre doit être inférieur ou égal à 6.
TYPES	1 : Essieux classiques composés de deux roues. 0 : Essieux du type "rouleau". A noter que tous les essieux doivent être du même type.
ESAV ESAR	Dans les calculs de flexion transversale pour la charge du type B, seuls les essieux de numéro ESAV à ESAR (bornes comprises) seront pris en compte.
LONG ENC	Longueur d'encombrement d'un véhicule.
LARG ENC	Largeur d'encombrement d'un véhicule.
LARG ES	Largeur de l'essieu type "rouleau" (si TYPES = 0) ou distance d'axe en axe des deux roues d'un même essieu (si TYPES = 1).
DYNA	0 : le coefficient de majoration dynamique est calculé selon les dispositions prévues par le règlement (F. 61, II). 1 : le coefficient de majoration dynamique doit être lu dans la case suivante.

- DYNAM** Donnée à remplir seulement si DYNA = 1.
Valeur du coefficient de majoration dynamique valable pour l'ensemble de l'ouvrage. Prendre la valeur enveloppe pour l'ensemble des travées pour être dans le sens de la sécurité tant vis-à-vis de la flexion longitudinale que vis-à-vis de la flexion transversale.
- CDTB (i)** Coefficient de dégressivité transversale relatif aux camions B en fonction du nombre i de files considérées. Si le nombre de files de camions (NFC) est inférieur au nombre de voies de circulation, porter 0 dans les coefficient CDTB (i) pour $i = (NFC + 1)$ à NVOIE.
- JBGN ***
JBGX * On ne remplira pas ces données si la charge d'exploitation décrite dans cette ligne n'existe pas en situation de construction. L'utilisation de ces données est décrite plus loin.
- XLARB** Largeur de l'essieu normal, pour la détermination du pas de déplacement transversal des charges.
Une largeur de 0,25 m qui impose un pas de déplacement de 0,125 m est normalement adoptée si l'on ne remplit pas cette case.

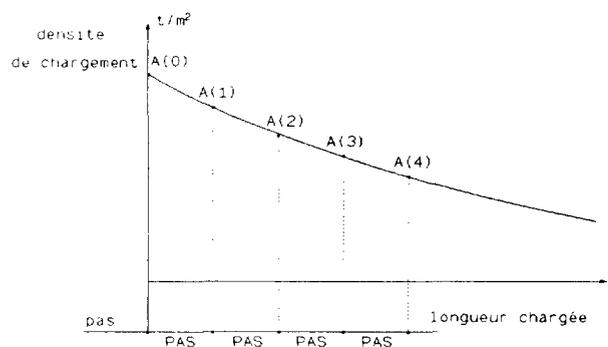
LIGNE F2

La ligne F2 définit longitudinalement le véhicule en précisant les abscisses et le poids de chaque essieu par rapport à une origine donnée. On prendra l'essieu avant du véhicule comme essieu d'origine (ABESS 1 = 0) ; les essieux seront numérotés dans l'ordre et on fournira pour chacun d'eux son abscisse (ABESS i) par rapport à l'essieu d'origine et son poids (POESS i).

LIGNE F3

CHARGE A GENERALISEE

Cette surcharge généralisée n'est prise en compte que si le chiffre des centaines de A est égal à 1 (cf. ligne A9).



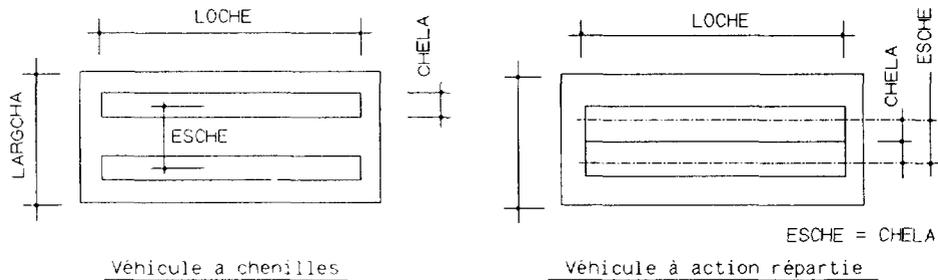
- PAS** La ligne F3 définit une charge A généralisée à partir de données supplémentaires qui sont, pour une longueur unitaire PAS exprimée en mètre, les charges générales de chaussée (exprimées en t/m²) A (0), A (1), A (2), A (3), A (4) pour une longueur chargée de 0, PAS, 2 PAS, 3 PAS, 4 PAS. Adopter normalement pour PAS une valeur entière voisine du quart de la somme des deux portées les plus longues.
- LVOIE** Largeur nominale d'une voie V₀ (cf. art. 4.2 du Fasc. 61, titre II).

- CDTA (i) Coefficient de dégressivité transversale relatif à la charge A correspondant à i voies chargées. (i = 1 à NVOIE).
- JAGN *
JAGX * On ne remplira pas ces données si la charge d'exploitation décrite dans cette ligne n'existe pas en situation de construction.
L'utilisation de ces données est décrite plus loin.

LIGNE(S) F4 CHARGES A CARACTERE PARTICULIER GENERALISEES

A remplir seulement si le chiffre des centaines de CE (cf. ligne A9) est supérieur ou égal à 1.

Remplir un nombre de lignes F4 égal à ce chiffre. Chacune d'elles décrit une charge généralisée à caractère particulier sous forme d'un convoi de deux véhicules identiques analogues aux charges militaires.



- TITRE Identification en caractères alphanumériques du convoi (6 caractères).
- IDYCHA 0 : Les coefficients de majoration dynamique sont calculés suivant les dispositions prévues par le règlement (Fasc.61, II) **pour les charges militaires.**
1 : Les coefficients de majoration dynamique de la charge généralisée valable pour l'ensemble de l'ouvrage doit être lu dans la case suivante.
- DYCHA Si IDYCHA = 1, valeur du coefficient de majoration dynamique, valable pour l'ensemble de l'ouvrage, applicable à la charge généralisée.
- POICHA Masse totale de chacun des deux véhicules à chenilles.
- LMAX
LMIN Distance entre-axes maximale (resp. minimale) des impacts des deux véhicules.

Cas particuliers.

Lorsque LMAX = LMIN, ces données correspondent à un entre-axes constant à respecter entre les deux véhicules.

Lorsque LMAX = LMIN > 100 m, un seul véhicule est pris en compte dans le calcul des efforts.

Lorsque LMIN < 100 et LMAX ≥ 100 : la distance est variable mais supérieure à LMIN.

LARGCHA	Largueur d'encombrement du véhicule. Elle est égale à deux fois la distance minimale entre l'axe longitudinal de la charge et le bord de la largeur chargeable.
LOCHE	Longueur d'une chenille.
CHELA	Largueur d'une chenille.
ESCHE	Distance d'axe en axe des deux chenilles. Pour un véhicule à action répartie, comme par exemple, l'une des remorques de la charge exceptionnelle type D ou E, prendre ESCHE = CHELA = demi largeur d'impact (cf. figure).
JMINEG * JMAXEG *	On ne remplira pas ces données si la charge exceptionnelle décrite dans cette ligne n'existe pas en situation de construction. L'utilisation de ces données est décrite plus loin.

LIGNE F5 SUPERSTRUCTURES PROVISOIRES

QSUPP	M m	Valeur caractéristique maximale (resp. minimale) du poids des superstructures provisoires au mètre linéaire de longueur de tablier pour l'ensemble de la section transversale.
QSPP 1 ou 2 G ou D M ou m		DQSPP 1G QSPPHM DQSPP 1D QSPPHm DQSPP 2G DQSPPH DQSPP 2D
		Ces paramètres ont la même signification que ceux notés .QSUP. et ici notés .QSPP. (cf définition des paramètres de la ligne A10).
JQSPN * JQSPX *		Ces paramètres définissent les dates d'application des superstructures provisoires ; leur utilisation est décrite ci-dessous.

*** NOTE sur les Dates d'application des charges.**

Les paramètres notés JQSPN et JQSPX permettent de définir les dates d'applications des différentes charges auxquelles ils se rapportent : les charges en question seront présentes du jour JQSPN inclus au jour JQSPX inclus.

Le programme comparera ces dates aux données, t_1 , t_2 et MS définis en ligne A12.

Par exemple : $JQSPN = t_1 + 1$ et $JQSPX = t_2$ implique que les superstructures provisoires ne seront prises en considération que pour la vérification à t_2 jours.

Si $JQSPN > 0$ et $JQSPX = 0$, le programme considère que $JQSPX = \text{infini}$.

Enfin si ces données ne sont pas remplies, le programme considère que :

$JQSPN = MS$

$JQSPX = \text{infini}$.

TABLEAU G

CHARGES CONCENTREES PERMANENTES

Ce tableau permet d'introduire des charges définies par leurs masses et leurs abscisses. Ces charges sont prises en compte par le programme comme des charges permanentes. Leur effet est cumulé dans le programme avec celui d'autres charges permanentes ainsi que des charges d'exploitation.

REGLES BAEL

Comparaison BAEL 83 - BAEL 91

CHAPITRE A.2 : MATERIAUX

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.2.1,11	f_{cj}	$j < 28$ jours	$0,685 f_{c28} \log(j+1)$	$f_{c28} \leq 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $f_{c28} > 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} f_{c28}$
		$j > 28$ jours • cas courants	$f_{cj} = f_{c28}$	$f_{cj} = f_{c28}$
		• pour des bétons non traités thermiquement dont $f_{c28} \leq 40$ MPa et pour des vérifications autres que la résistance des sections.	$f_{cj} = f_{c28}$	$j < 60$ jours $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $j \geq 60$ jours $f_{cj} = 1,10 f_{c28}$
A.2.1,12	f_{ij}	$f_{ij} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$ valable pour	$f_{cj} \leq 40$ MPa	$f_{cj} \leq 60$ MPa
A.2.1,22	Retrait	ϵ_r (en 10^{-4}) selon le climat.	2 France sauf quart sud-est 3 France quart sud-est	1,5 très humide 2 humide (France sauf quart sud-est) 3 sud-est) 4 tempéré sec (France quart sud-est) 5 sud-est) chaud et sec très sec ou désertique
A.2.1,3	Poisson		$\nu = 0,2$ ELS $\nu = 0,0$ ELU	$\nu = 0,0$ sollicitations (ELS et ELU) $\nu = 0,2$ déformations (ELS et ELU)

CHAPITRE A.4 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.4.1,3	poutre en T _é	Largeur de la table de compression	$\frac{\Sigma \text{portées}}{40} + \frac{2}{3} \text{distance à l'appui}$	condition supprimée
A.4.3,41	σ_{bc} (ELU)	Introduction de θ fonction de la durée de la combinaison d'actions (ponts-routes < 1h)	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\gamma_b}$	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $\theta = 0,85$ si au moins une durée < 1 h $\theta = 0,90$ si au moins une durée entre 1 et 24 h $\theta = 1,00$ si toutes durées > 24 h
		Réduction de γ_b (combinaisons fondamentales) des pièces massives ou fabriquées en usine avec contrôle interne	γ_b peut être réduit	γ_b peut être réduit à 1,3 pour les justifications du seul article A.4.3
A.4.3,5	Flexion composée	Excentricité pour stabilité de forme	$e = e_1 + e_a + e_2$	$e = e_1 + e_2$ e_2 (premier ordre) inclut e_a (additionnelle)
A4.4,3	stabilité de forme	Pour une ossature, inclinaison d'ensemble	0,010 rd	0,010 rd si un étage avec charges en haut 0,005 autres cas
A.4.5,3	fissuration (ELS)	Principe de justification		dépend de l'environnement la nature de la structure l'utilisation de l'ouvrage la limite élastique des aciers des expériences analogues
		Définition des cas PP, P, TP		renvoyé en B.2.4 sauf pour les <u>Ponts-routes</u> : peu préjudiciable milieu peu agressif formes simples $f_c \leq 400 \text{MPa}$ préjudiciable milieu moyennement agressif ouvrages minces tirants nombreuses reprises très préjudiciable milieu très agressif
		Vocabulaire	peu nuisible	peu préjudiciable
		Fissuration préjudiciable	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_e}{3}, 150 \eta \text{ MPa} \right)$	$\sigma_s = \min \left(\frac{2 f_e}{3}, 110 \sqrt{\eta} f_{ty} \text{ MPa} \right)$
		Fissuration très préjudiciable	$\sigma_s = \min (0,5 f_e, 110 \eta \text{ MPa})$	$\sigma_s = \min (0,5 f_e, 90 \sqrt{\eta} f_{ty} \text{ MPa})$
		Coefficient de fissuration ronds lisses HA	$\eta = 1$ η fixé par fiche d'identification	$\eta = 1$ $\eta = \begin{cases} 1,6 \text{ pour } \phi \geq 6 \text{ mm} \\ 1,3 \text{ pour } \phi < 6 \text{ mm} \end{cases}$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES

CHAPITRE A.5.1 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS D'EFFORT TRANCHANT

Article			BAEL 83	BAEL 91	
A.5.1,1	pièces comprimées	Pas de vérification si	$\tau_u \leq \min (0,04 f_{cj}, 1,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,06 f_{cj}}{\gamma_b}, 1,5 \text{ MPa} \right)$	
A.5.1,2	charges	Non prise en compte des charges près des appuis pour le calcul : <ul style="list-style-type: none"> • charge négligée jusqu'à $\frac{h}{2}$ • charge $\times \frac{2a}{3h}$ jusqu'à $a=1,5h$ 	des aciers seulement charges réparties charges concentrées	des aciers et du cisaillement toutes charges toutes charges	
		armatures d'âme	$\frac{A_t}{b_0 s_t} =$	$\frac{\tau_u - 0,3 f_{ij} k}{0,8 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$	$\frac{\gamma_s (\tau_u - 0,3 f_{ij} k)}{0,9 f_c (\cos\alpha + \sin\alpha)}$ avec $f_{ij} \leq 3,3 \text{ MPa}$
	cisaillement	Avec des aciers droits	PP	$\tau_u \leq \min (0,13 f_{cj}, 4 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,20 f_{cj}}{\gamma_b}, 5 \text{ MPa} \right)$
			P ou TP	$\tau_u \leq \min (0,10 f_{cj}, 3 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,15 f_{cj}}{\gamma_b}, 4 \text{ MPa} \right)$
	Avec des aciers à 45° ou droits+horizontaux		$\tau_u \leq \min (0,18 f_{cj}, 5,5 \text{ MPa})$	$\tau_u \leq \min \left(\frac{0,27 f_{cj}}{\gamma_b}, 7 \text{ MPa} \right)$ droits+horizontaux recommandés en P et TP	
A.5.1,3	appui simple d'about	Pour les appuis de faible longueur	n'existe pas	Superposition de plusieurs bielles, la première reprend au moins $\frac{v_u}{3}$	

ARTICLE A.5.2 : DALLES ET POUTRES-DALLES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.2,2		Pas d'armatures transversales si :	$\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\tau_u \leq \frac{0,07 f_{cj}}{\gamma_b}$
A.5.2,3	charges localisées	Pas d'armatures transversales si : <ul style="list-style-type: none"> • cas général • avec ferrailage horizontal 	$Q_u \leq 0,045 u_c h f_{cj}$	$Q_u \leq \frac{0,045 u_c h f_{cj}}{\gamma_b}$ $Q_u \leq (0,05 + 1,5\rho_1) \frac{d u_c}{\gamma_b} f_{cj}$ avec $\rho_1 = \sqrt{\rho_x \rho_y} \leq 0,015$

CHAPITRE A.5 : JUSTIFICATIONS VIS A VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES (suite)

ARTICLE A.5.3 : COUTURES D'ATTACHES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.3,1 2	coutures généralisées	Coefficient de frottement	= 1	= 1 si rugosité de 5 mm ≤ 0,6 dans le cas contraire

ARTICLE A.5.4 : TORSION

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.5.4,3	béton	Cisaillement dû à torsion (τ_t) + tranchant (τ_v) • sections creuses • sections pleines	$\tau_t + \tau_v \leq \tau_{lim}$ $\tau_t + \tau_v \leq \tau_{lim}$	$\tau_t + \tau_v \leq \tau_{lim}$ $\tau_t^2 + \tau_v^2 \leq \tau_{lim}^2$

CHAPITRE A.7 - A.8 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Article			BAEL 83	BAEL 91
A.7.1	enrobages	<p>Enrobage des armatures passives :</p> <ul style="list-style-type: none"> • locaux clos sans condensation • aux intempéries, condensation, liquides • action agressive sur paroi non coffrée • à la mer et atmosphère très agressive 	<p>1 cm</p> <p>2 cm</p> <p>3 cm</p> <p>4 cm</p>	<p>1 cm</p> <p>} 3 cm (2 cm si $f_{c28} > 40$ MPa)</p> <p>5 cm (3 cm si béton ou aciers protégés)</p>
A.8.2,4	dalles sur appuis continus	Pourcentage minimal d'armatures		l'article A.4.2,1 est reporté en B.7.4 ⇒ n'existe plus pour les ponts
A.8.2,4 2		<p>Ecartement des armatures dans la direction la plus sollicitée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • sous charges réparties • sous charges concentrées 	<p>≤ min (3 h, 33 cm)</p> <p>≤ min (2 h, 22 cm)</p>	<p>≤ min (3 h, 33 cm)</p> <p>≤ min (2 h, 25 cm)</p>
A.8.4,1	pressions localisées (ELU)	<p>contrainte de compression admiscible</p> <ul style="list-style-type: none"> • rectangles concentriques • surfaces homothétiques 	$\sigma_{bc} = K \frac{f_{cj}}{\gamma_b}$ $K = 1 + \left(3 - \frac{a_0}{a} - \frac{b_0}{b} \right) \sqrt{\left(1 - \frac{a_0}{a} \right) \left(1 - \frac{b_0}{b} \right)}$ $K = 4 - 5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} + 2 \frac{B_0}{B}$	$\sigma_{bc} = K \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $K = 1 + \left[3 - \frac{4}{3} \left(\frac{a_0}{a} + \frac{b_0}{b} \right) \right] + \sqrt{\left(1 - \frac{4a_0}{3a} \right) \left(1 - \frac{4b_0}{3b} \right)} \leq 3,3$ <p>avec $h \geq \frac{a_0 b_0}{a_0 + b_0}$, $\frac{a}{a_0} \geq \frac{4}{3}$, $\frac{b}{b_0} \geq \frac{4}{3}$</p> $K = 4 - \frac{4}{3} \left(5 \sqrt{\frac{B_0}{B}} \right) + \frac{4}{3} \left(\frac{8 B_0}{3 B} \right) \leq 3,3$ <p>développé à l'Annexe E.8</p>

ANNEXE B : REGLES APPLICABLES AUX OSSATURES ET ELEMENTS COURANTS

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.1.1	béton	Résistances en fonction des dosages	tableau	tableau inchangé emploi de bétons de résistance supérieure possible si les limites du chapitre A.2 sont respectées
B.1.2	aciers		n'existe pas	emploi d'aciers non homologués possible sous réserve de dérogation motivée
B.2.4	cas de fissuration	En fonction de l'environnement	l'article n'existe pas ces définitions se trouvent en A.5,3	reprend les définitions du BAEL 83 enlevées de l'article A.5.3

CHAPITRE B.6 : PLANCHERS ET POUTRES

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.6.1,2 2	combinaisons pour planchers	coefficients ψ_0 : • cas courants • spectacles, archives, parcs...	$1,3\psi_0 = 1 \Leftrightarrow \psi_0 = 0,77$ $1,3\psi_0 = 1,3 \Leftrightarrow \psi_0 = 1$	$\psi_0 = 0,77$ $\psi_0 = 0,9$
B.6.4	non-fragilité	Vérification	obligatoire	inutile si aciers de flexion majorés de 20%
B.6.5,2	flèches	Moment d'inertie fictif Flèches • cas général • consoles	$I_f = \frac{I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{10 E I_f} \right)$ $f = \frac{1}{0,9} \left(\frac{M l^2}{4 E I_f} \right)$	$I_f = \frac{1,1 I_0}{(1 + \lambda \mu)}$ $f = \frac{M l^2}{10 E I_f}$ $f = \frac{M l^2}{4 E I_f}$
B.6.6,2	armatures de peau	S'applique aux poutres de $\begin{cases} \text{portées} < 25 \text{ m} \\ b_p > 0,15 \text{ m} \end{cases}$ PP P TP	n'existe pas \Rightarrow A.8.3 et A.4.5,34 3 cm ² /m (A.8.3) 3 cm ² /m (A.8.3) 5 cm ² /m (A.4.5,34)	pas de justification 1 cm ² /m 5 cm ² /m (A.4.5,34)
B.6.7,1	poutres secondaires et nervures	Pas d'armatures transversales si Longueur en cause • poutres secondaires • nervures croisées	$\begin{cases} \tau_u \leq 0,025 f_{c28} \\ \text{hauteur totale} \leq 0,40 \text{ m} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{cases}$ moitié centrale moitié centrale	$\begin{cases} \tau_u \leq 0,030 f_{c28} \\ \text{pas d'effets dynamiques} \end{cases}$ max (0,5 L , L - 4 h) toute
B.6.7,2	planchers à charge modérée	liaison table-nervure • pas de vérification des aciers si • distribution uniforme du glissement si	$\tau_u \leq 0,25 f_{cj}$ $\tau_u \leq 0,05 f_{cj}$	$\begin{cases} \tau \leq 0,050 f_{cj} & \text{sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,025 f_{cj} & \text{avec reprise verticale} \end{cases}$ $\begin{cases} \tau \leq 0,10 f_{cj} & \text{sans reprise verticale} \\ \tau \leq 0,05 f_{cj} & \text{avec reprise verticale} \end{cases}$
B.6.8,3	poutres supportant des murs	ELU : compression maxi des voûtes de décharges • maçonnerie • béton	2 MPa $\frac{f_{c28}}{3}$	2 MPa $\frac{f_{c28}}{2}$ en PP ou P, $\frac{f_{c28}}{3}$ en TP
B.6.8,5	méthode du treillis		n'existe pas	inclinaison des bielles au choix mais $\geq 30^\circ$

CHAPITRE B.7 : DALLES SUR APPUIS CONTINUS (ne concerne pas les ponts)

Article			BAEL 83	BAEL 91
B.7.4	pourcentage minimal		ces pourcentages se trouvent en A.8.2,41	reprend l'article A.8.2,41 du BAEL 83

ANNEXE E.8 : PRESSIONS LOCALISEES

Article			BAEL 83	BAEL 91
E.8			cette annexe n'existe pas	développe l'article A.8.4

REGLES BPEL

Comparaison BPEL 83 - BPEL 91

CHAPITRE 1 : PRINCIPES ET DEFINITIONS

Article			BPEL 83	BPEL 91
1.1	f_{c28}	Domaine d'application.	La limite implicite de 40 MPa n'est pas définie dans cet article (cf 2.1,2).	$f_{c28} \leq 60$ MPa

CHAPITRE 2 : DONNEES POUR LE CALCUL CONCERNANT LES MATERIAUX

Article			BPEL 83	BPEL 91
2.1,2	f_{c28}	Classes de résistance.	30, 35 et 40 MPa	30, 35, 40, 50 et 60 MPa
	f_{cj}	$j < 28$ jours	$0,685 f_{c28} \log(j+1)$	$f_{c28} \leq 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28}$ $f_{c28} > 40$ MPa $f_{cj} = \frac{j}{1,40 + 0,95j} f_{c28}$
		$j > 28$ jours • cas courant	$f_{cj} = f_{c28}$	$f_{cj} = f_{c28}$
		• pour des bétons non traités thermiquement dont $f_{c28} \leq 40$ MPa et pour des vérifications autres que la résistance des sections et les limitations des contraintes.	$f_{cj} = f_{c28}$	$f_{cj} = \text{Min} \left(\frac{j}{4,76 + 0,83j} f_{c28} ; 1,10 f_{c28} \right)$
2.1,51	Retrait	ϵ_r (en 10^{-4}) selon le climat.	2 France sauf quart sud-est 3 France quart sud-est	1,5 très humide 2 humide (France sauf quart sud-est) 3 sud-est) 4 tempéré sec (France quart sud-est) 5 sud-est) chaud et sec très sec ou désertique
2.1,52	Fluage	Module de déformation à long terme.	$E_{vj} = \frac{11000}{3} \sqrt[3]{f_{cj}} \text{ (MPa)}$	$E_{vj} = \frac{11000}{1 + \Phi} \sqrt[3]{f_{cj}} \text{ (MPa)}$ $\Phi = 2$ si $f_{c28} \leq 50$ MPa $\Phi < 2$ si $f_{c28} > 50$ MPa (valeur à justifier)

CHAPITRE 3 : PRECONTRAINTE

Article			BPEL 83	BPEL 91
3.4,1,2	Pertes	Valeurs forfaitaires des pertes entre la mise en tension de l'armature et la mise en précontrainte de l'élément (pré-tension) pour des productions de bâtiment faisant l'objetd'une procédure d'homologation avec contrôle.	...d'une procédure de contrôle interne approuvée par un organisme officiel.
3.4,2	Pertes	Valeurs forfaitaires des pertes différées (pré-tension) pour des productions de bâtiment faisant l'objetd'une procédure d'homologation avec contrôle.	...d'une procédure de contrôle interne approuvée par un organisme officiel.

CHAPITRE 4 : ACTIONS ET SOLLICITATIONS

Article			BPEL 83	BPEL 91
4.1,1	Neige et vent	Règles neige et vent NV 65 (DTU P 06-002)		complétées par les règles NV 84 (DTU P 06-006)
4.1,3	P_1, P_2 ou P_m	Valeurs représentatives de la précontrainte : - ELS	$P_d = \{P_1, P_2\}$ dans le cas général. $P_d = P_m$ lorsque le marché le prévoit et moyennant certaines précautions.	$P_d = \{P_1, P_2\}$ ou $P_d = P_m$ L'article 4.10. précise les règles d'équivalence entre une justification avec $P_d = \{P_1, P_2\}$ ou avec $P_d = P_m$.
		- ELU	$P_d = P_m$	$P_d = P_m$
4.10	A l'ELS Choix de $P_d = P_m$	Justification aux états limites de service et de fatigue. Règles d'équivalence entre une justification avec $P_d = \{P_1, P_2\}$ ou avec $P_d = P_m$.	sans objet	Une justification effectuée avec $P_d = P_m$ vaut pour une justification effectuée avec $P_d = \{P_1, P_2\}$ si les sections définies par 4.10,1 satisfont aux conditions définies en 4.10,2.
4.10,1		Sections nécessitant des vérifications complémentaires.	sans objet	Vérifications complémentaires définies en 4.10,2 si l'une des conditions suivantes est vérifiée : <ul style="list-style-type: none"> • $\sigma - \sigma_{lim} < k f_{cj}$ • ouvrage justifié en classe III • $\tau > k' \tau_{lim}$ Avec : - dans les cas courants : $k=0,04$ et $k'=0,90$ - si des précautions particulières sont prévues au marché : $k=0,02$ et $k'=0,95$ ou autres valeurs fixées par le marché.
4.10,2		Vérifications complémentaires dans les sections définies en 4.10,1.	sans objet	Les contraintes (σ et τ) réévaluées à partir de P_1 et P_2 doivent satisfaire strictement aux contraintes limites.

CHAPITRE 6 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES

Article			BPEL 83	BPEL 91
6.1,21	$\sigma_{bc\ lim}$	Contrainte limite de compression.	Lorsque $P_d = P_m$ il est prévu un abattement de 10% sur $\sigma_{bc\ lim}$.	abattement sans objet
6.1,22	Classe I $\sigma_{bt\ lim}$	Contrainte limite de traction en situation de construction sur toute la section.	$\sigma_{bt} \geq 0$	$\sigma_{bt} \geq -0,7 f_{tj}$
6.1,23	Classe II $\sigma_{bt\ lim}$	Contraintes limites de traction en classe II en zone d'enrobage.	$\sigma_{bt} \geq -f_{tj}$ en situation d'exploitation $\sigma_{bt} \geq -f_{tj}$ en situation de construction	$\sigma_{bt} \geq -f_{tj}$ en situation d'exploitation $\sigma_{bt} \geq -0,7 f_{tj}$ en situation de construction
6.1,24	Classe III $\sigma_{s\ lim}$	Contrainte limite de traction des aciers passifs sous combinaisons rares.	$\sigma_{s\ lim} = \text{Min} (2/3 f_c ; 150 \eta \text{ MPa})$	$\sigma_{s\ lim} = \text{Min} (2/3 f_c ; 110 \sqrt{\eta} f_{tj} \text{ MPa})$
6.1,24	Classe III	Justifications sous combinaisons fréquentes	Aciers fictifs en zone d'enrobage :	Aciers réels sur toute la section :
		Aciers passifs Aciers de précontrainte	$\sigma_{s\ lim} = 60 \text{ MPa}$ sans objet	$\sigma_{s\ lim} = 0,35 f_c$ Surtensions < 100 MPa
6.1,32	Ferrailage minimum	$A_s = \frac{B_t}{1000} + \frac{N_{Bt}}{f_c} \frac{f_{tj}}{\sigma_{Bt}}$	pas de restriction sur la hauteur tendue.	sous réserve que la zone tendue présente une hauteur supérieure à 5 cm.
6.3,31 2	ELU	Loi parabole rectangle. Introduction du coefficient θ fonction de la durée d'application de la combinaison.	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\gamma_b}$	$\sigma_{bc} = \frac{0,85 f_{cj}}{\theta \gamma_b}$ $\theta = 0,85$ durée < 1 h (ponts-routes) $\theta = 0,80$ durée entre 1 et 24 h $\theta = 1,00$ durée > 24 h
6.4,3	Stabilité de forme	Inclinaison d'ensemble d'une ossature.	0,010 rd	0,010 ossature à un étage portant rd la majorité des charges. dans les autres cas. 0,005 rd
6.4,5	Stabilité de forme	Excentricités.	$e = e_1 + e_a + e_2$	$e = e_1 + e_2$ e_a (additionnelle) est comprise dans e_1 (premier ordre)
6.5,1	Fatigue	Généralités.		En général, les éléments de bâtiment courants ne sont pas à justifier vis-à-vis de la fatigue.
6.5,2	Fatigue	Durée d'application des charges de fatigue.	période déterminée.	durée de vie de l'ouvrage.
6.5,4	Fatigue	Justification des armatures de précontrainte : $\delta \sigma_p \leq \delta \sigma_{p\ lim} (n)$ avec	$1000 \leq n \leq 10\ 000$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,30 - 0,05 \log n$	$5 \times 10^5 \leq n \leq 10^7$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,05 \times \left(\frac{10^7}{n}\right)^{\frac{1}{4}}$
			$n > 10\ 000$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,10$	$n > 10^7$ $\frac{\delta \sigma_{p\ lim}}{f_{prg}} = 0,05 \times \left(\frac{10^7}{n}\right)^{\frac{1}{6}}$
			$\sigma_{prn} \leq 0,8 f_{prg}$	$\sigma_{prn} \leq 0,7 f_{prg}$
		critères applicables si		

CHAPITRE 6 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS NORMALES (suite)

6.5,4	Fatigue	Justification des armatures passives : $\delta \sigma_s \leq \delta \sigma_{s,lim}(n)$ avec	$1000 \leq n \leq 10\,000$ $\frac{\delta \sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,95 - 0,15 \log n$	$5 \times 10^5 \leq n \leq 10^7$ $\frac{\delta \sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,30 \times \left(\frac{10^7}{n}\right)^{\frac{1}{5}}$
			$n > 10\,000$ $\frac{\delta \sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,35$	$n > 10^7$ $\frac{\delta \sigma_{s,lim}}{f_c} = 0,30 \times \left(\frac{10^7}{n}\right)^{\frac{1}{10}}$
		critères applicables si	$\sigma_{sm} < \frac{2}{3} f_c$	

CHAPITRE 7 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES

Article			BPEL 83	BPEL 91
7.2,2	τ_{lim}	Contrainte limite de cisaillement :	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 0,4 f_{ij} (f_{ij} + \sigma_x + \sigma_t)$	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 0,4 f_{ij} \left(f_{ij} + \frac{2}{3} (\sigma_x + \sigma_t) \right)$
		$\sigma_x \geq 0$	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 2 \frac{f_{ij}}{f_a} (0,6 f_a - \sigma_x - \sigma_t) (f_{ij} + \sigma_x + \sigma_t)$	$\tau^2 - \sigma_x \sigma_t \leq 2 \frac{f_{ij}}{f_a} (0,6 f_a - \sigma_x - \sigma_t) \left(f_{ij} + \frac{2}{3} (\sigma_x + \sigma_t) \right)$
		$\sigma_x < 0$	$\tau^2 \leq 0,4 f_{ij} (f_{ij} + \sigma_t)$	$\tau^2 \leq 0,4 f_{ij} \left(f_{ij} + \frac{2}{3} \sigma_t \right)$
		Influence du choix de P_d défini à l'article 4.10.	sans objet	Si $P_d = \{P_1, P_2\}$ $ \tau \leq \tau_{lim}$ Si $P_d = P_m$ $ \tau \leq k' \tau_{lim}$
7.3,1	F_{tu}	Contrainte de calcul des étriers actifs.	$\frac{f_{prg}}{\gamma_p}$	$\frac{f_{prg}}{\gamma_p}$ si adhérence de forme et injection de type coulis de ciment. $\frac{0,9 f_{prg}}{\gamma_p}$ si pas d'adhérence de forme et injection de type coulis de ciment. σ_{Pd} tension d'ELS lorsque la protection est effectuée par un produit souple.
7.3,2	γ_s et γ_p	Coefficients γ_s et γ_p .	$\gamma_s = 1,15$ $\gamma_p = 1,15$	$\gamma_p = \gamma_s = 1,15$ sous combinaisons fondamentales, $\gamma_p = \gamma_s = 1$ sous combinaisons accidentelles.
7.3,22	Ferrailage minimum d'âme	$\frac{A_t f_c}{b_n s_t \gamma_s} \sin \alpha + \frac{F_{tu}}{b_n s_t} \sin \alpha' \geq$	0,6 MPa	0,4 MPa
7.3,23	Règle des coupures	$\frac{A_t f_c}{b_n s_t \gamma_s} (\sin \alpha + \cos \alpha) + \frac{F_{tu}}{b_n s_t} (\sin \alpha' + \cos \alpha') \geq$	$\tau_{red.u}$	$\tau_{red.u} \frac{f_{ij}}{3}$
7.3,24	$\frac{f_{ij}}{3}$	Reprise de bétonnage et prise en compte du terme $\frac{f_{ij}}{3}$ lorsque la surface de reprise est munie d'indentations de 5 mm au moins.	seulement dans le cas où la surface de reprise intéresse l'âme.	dans tous les cas.
7.3,3	Bielles	Justification du béton des bielles ($\beta_u = 30^\circ$).	$\tau_{red.u} \leq \frac{f_{ej}}{6}$	$\tau_{red.u} \leq \frac{f_{ej}}{4 \gamma_b}$
7.5,11	Bielle d'about	Contrainte de calcul des armatures. - armatures de post-tension - armatures de pré-tension - armatures passives	$\text{Min} \left(1,2 \sigma_{pm}; \frac{f_{prg}}{\gamma_p} \right)$ avec $\gamma_p = 1,15$ $\frac{F_a}{A_p \gamma_p}$ avec $\gamma_p = 1,4$ $\frac{f_c}{\gamma_s}$ avec $\gamma_s = 1,15$	$\text{Min} \left(1,2 \sigma_{pm}; \frac{f_{prg}}{\gamma_p} \right)$ avec $\gamma_p = 1,15$ ou 1 $\frac{0,8 F_a}{A_p \gamma_p}$ avec $\gamma_p = 1,15$ ou 1 $\frac{f_c}{\gamma_s}$ avec $\gamma_s = 1,15$ ou 1 1,15 sous combinaisons fondamentales, 1 sous combinaisons accidentelles.

CHAPITRE 7 : JUSTIFICATIONS VIS-A-VIS DES SOLLICITATIONS TANGENTES (suite)

7.6,4	Torsion	Limitation des cisaillements.		
		- poutres tubulaires à parois minces	$\tau = \tau_v + \tau_T \leq \tau_{lim}$	Si $P_d = \{P_1, P_2\}$ $\tau = \tau_v + \tau_T \leq \tau_{lim}$ Si $P_d = P_m$ $\tau = \tau_v + \tau_T \leq k' \tau_{lim}$
		- autres cas	$ \tau_v \leq \tau_{lim} , \tau_T \leq \tau_{lim}$ et $\tau = \tau_v + \tau_T \leq 1,2 \tau_{lim}$	Si $P_d = \{P_1, P_2\}$ $\tau_v^2 + \tau_T^2 \leq \tau_{lim}^2$ Si $P_d = P_m$ $\tau_v^2 + \tau_T^2 \leq k'^2 \tau_{lim}^2$

CHAPITRE 9 : DALLES

Article			BPEL 83	BPEL 91
9.6.41	dalles	Pas d'armatures d'effort tranchant si : - $\tau_{red,u} = \frac{1,5}{h} V_{red,u} \leq$ - pièce bétonnée sans reprise	0,06 f _{cj}	$\frac{0,09 f_{cj}}{\gamma_b}$

CHAPITRE 10 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Article			BPEL 83	BPEL 91
10.2.2 3	Couver- ture	Distance minimale c entre un conduit ou un paquet de conduits d'armatures de précontrainte et un parement.	$c \geq \begin{cases} \frac{3}{4} a \\ \emptyset \\ d \end{cases}$	$c \geq \begin{cases} \frac{3}{4} a \\ \emptyset \text{ limité à } 80 \text{ mm} \\ d \end{cases}$
10.4.2	Enro- bage	Enrobage des armatures passives : - locaux clos sans condensation - aux intempéries, condensation, liquides - action agressive sur paroi non coffrée - à la mer et atmosphère très agressive	1 cm 2 cm 3 cm 4 cm	1 cm } 3 cm (2 cm si f _{c28} > 40 MPa) 5 cm (3 cm si béton ou aciers protégés)

ANNEXES

Une nouvelle annexe au texte intitulée "Dalles de bâtiment précontraintes par post-tension" devient l'annexe 9. Les anciennes annexes aux commentaires 9 à 12 deviennent les annexes 10 à 13.

ANNEXE 3 : COEFFICIENTS DE FROTTEMENT EN POST-TENSION

Article			BPEL 83	BPEL 91
2	f et φ	torons gainés-protégés.	cet article n'existait pas.	<ul style="list-style-type: none"> sous réserve de dispositions particulières : $\varphi = 0,001 \text{ m}^{-1}$ $f = 0,05 \text{ rd}^{-1}$
3	f et φ	câbles extérieurs au béton.	cet article n'existait pas.	<ul style="list-style-type: none"> filis lisses et torons dans conduit extérieur au béton : $\varphi = 0$ $f = 0,20 \text{ rd}^{-1}$ tube en acier $f = 0,12 \text{ rd}^{-1}$ tube en PEHD torons gainés-protégés dans conduits injectés au coulis de ciment : $\varphi = 0,001 \text{ m}^{-1}$ $f = 0,05 \text{ rd}^{-1}$

ANNEXE 4 : ZONES D'APPLICATION DES FORCES CONCENTREES

Article			BPEL 83	BPEL 91
1.3	F_j	Equilibre général de diffusion pure. Forces réparties sur	a_j	$\text{Min} \left(\frac{a_j + d_j}{2}, 2 a_j \right)$

ANNEXE 9 : DALLES DE BATIMENT PRECONTRAINTES PAR POST-TENSION

Cette annexe rassemble les règles spécifiques et précise les simplifications admises pour la justification des dalles de bâtiment précontraintes par post-tension.

ANNEXE 11 : FATIGUE DES STRUCTURES EN BETON

Article			BPEL 83	BPEL 91
3.1,2	Fatigue	Essais sur armatures en place dans une structure.	cet article n'existait pas	durée de vie inférieure à celle des armatures libres.
4.2	Fatigue	Article totalement remanié. Se reporter aux règles B.P.E.L.		

ANNEXE 12 A : COMPLEMENTS AUX COMMENTAIRES DU CHAPITRE 9

Article			BPEL 83	BPEL 91
2.1,2	θ_1 et θ_2	Direction des armatures annulant M_r .	$\theta_1 = \frac{\pi}{2}$ et θ_2 tel que $\theta_2 = \frac{M_{yx}}{M_x}$	$\theta_1 = \frac{\pi}{2}$ et θ_2 tel que $\text{tg } \theta_2 = \frac{M_{yx}}{M_x}$

ANNEXE 12 B : HOURDIS, DALLES EN CONSOLE

Les planchers-dalles ou planchers-champignons sont traités dans l'annexe 9.

Le calcul des ouvrages types est grandement facilité par les programmes de calcul automatique développés par le S.E.T.R.A. à cet effet.

Ces programmes ont récemment été mis à jour conformément aux nouvelles règles BAEL et BPEL dont l'application est rendue obligatoire à partir de juillet 1992.

Le présent document constitue un guide d'emploi du programme MCP-EL pour les ponts-dalles en béton précontraint à nervures d'inertie constante ou variable.

The calculation of standard bridges is widely easier in using S.E.T.R.A.'s computer programs.

These programs were recently updated according to the latest BAEL (Reinforced concrete at limit states) and BPEL (Prestressed concrete at limit states) regulations which became mandatory in July 1992.

The present document is a user's guide to the program MCP-EL for ribbed prestressed concrete slab decks with constant or variable inertia.

