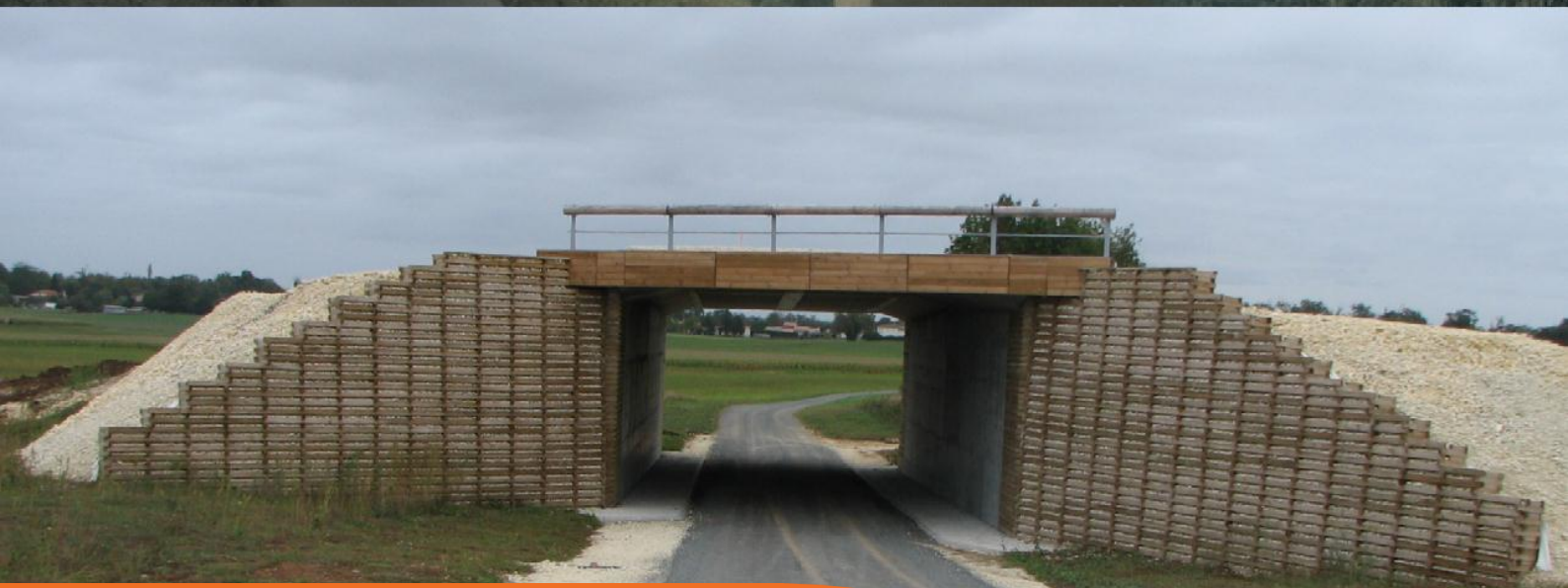
Cerema

Direction technique
Infrastructures de transport et matériaux

Chamoa_3D – Principes de ferraillage
CHaîne Algorithmique Modulaire Ouvrages d' Art

Octobre 2015



Logiciels Ouvrages d'Art

CHAMOA_3D – Principes de ferraillage

CHaîne Algorithmique Modulaire Ouvrages d'Art

Calcul des ouvrages de type Pipo/ Picf/ Psida/ Psidp/ Psid étendus

Collection les outils

Document édité par le Céréma dans la collection « les outils ».
Cette collection regroupe les guides, logiciels, supports pédagogique, catalogue, données documentaires et annuaires.

La CHaîne Algorithmique Modulaire Ouvrages d'Art (Chamoa) a été développée sous le pilotage du Céréma par :

Jean GUAL
Philippe LEVEQUE
Marie Aurélie CHANUT
Claude SIMON
Florent BACCHUS
Florent BOURHIS
Nicolas VIGNEAUD
Angel-Luis MILLAN
Gaël BONDONET

L'application est désignée sous le sigle "CHAMOA" pour Chaîne Algorithmique Modulaire de calcul des Ouvrages d'Art. Ce nom et ce sigle ont été déposés à l'Institut National de la Propriété industrielle dans les classes suivantes :

9 : logiciels (programmes enregistrés)
42 : programmation pour ordinateur.

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle de cette documentation et/ou du logiciel, faite sans le consentement du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40).

Chapitre I - Introduction 9
Chapitre II - Typologie des ouvrages 10
II.1 - Typologie du portique ouvert 10
II.2 - Typologie du cadre fermé 11
II.3 - Typologie du Pont dalle BA 12
II.4 - Typologie du Pont dalle BP 13
II.5 - Caractéristiques géométriques du tablier 14
II.6 - Eléments d'ouvrages 15
II.7 - Zones spécifiques 15
II.8 - Eléments de fixation 16
Chapitre III - Principes de ferraillage 17
III.1 - Armatures longitudinales et transversales 17
III.2 - Nomenclature des armatures 17
III.3 - Directions des armatures principales 19
III.4 - Choix des directions des armatures principales 20
III.5 - Choix des directions par types d'ouvrages 20
III.6 - Choix des directions par éléments d'ouvrages 21
III.7 - Etriers, cadres et épingles 21
III.8 - Frettes 21
III.9 - Armatures de diffusion 21
III.10 - Armatures de précontrainte 21
Chapitre IV - Ferraillage des éléments d'ouvrage 22
IV.1 - Dalle 22
IV.2 - Traverse supérieure 26
IV.3 - Piles 29
IV.4 - Culées 30
IV.5 - Culée mur de front 30
IV.6 - Culée en tête 30
IV.7 - Pile culée 31
IV.8 - Piédroits 31
IV.9 - Dalles de transition 32
IV.10 - Semelle 32
IV.11 - Pieu 33
IV.12 - Barrettes 34
IV.13 - Radier (traverse inférieure) 35
Chapitre V - Détails de ferraillage des zones spécifiques 36
V.1 - Zone et poutre de bord libre 36
V.2 - Encorbellement 40
V.3 - Chevêtre 41
V.4 - chevêtre sur culée 42
V.5 - chevêtre sur pile 44
V.6 - Angles obtus 45
V.7 - Angles aigus 49
V.8 - Gousset 52
V.9 - Reprise de bétonnage 52
V.10 - Accrochage de pieu 53
V.11 - Parement latéral 53
V.12 - Zone de poinçonnement 53
V.13 - About 53
V.14 - Ancrage de précontrainte 53
V.15 - Détails de ferraillage des liaisons 55
Chapitre VI - Récapitulatif des armatures 62
Chapitre VII - Précontrainte longitudinale 65
Chapitre VIII - Ponts dalles courbes 66
VIII.1 - Précontrainte 66
VIII.2 - Directions des armatures principales 66

Chapitre I - Introduction

Les principes indiqués dans ce document sont donnés à titre indicatif pour une bonne pratique du ferraillage des ouvrages étudiés. Ce ne sont donc pas des spécifications fonctionnelles de Chamoa-3D. En effet, Chamoa_3D ne fournit que des quantités d'acier déterminés à partir des sollicitations dont il revient au projeteur de les mettre en place en s'inspirant des prescriptions du présent document en particulier en prenant en compte les différents ratios de ferraillage requis.

Les quantités d'acier suivantes sont déterminées par Chamoa_3D :

- Ferraillage longitudinale et transversal courant,
- Ferraillage des zones et des poutres de bord libre,
- Ferraillage transversal des chevêtres incorporés,
- Ferraillage des angles aigus et obtus,
- Ferraillage transversal des encorbellements,
- Ferraillage des semelles,
- Ferraillage des pieux et barrettes.
- Ferraillage du radier des PICF,
- Ferraillage des dalles de transition.

Les quantités d'acier suivantes ne sont pas déterminées par Chamoa_3D :

- Ferraillage de diffusion de l'about,
- Ferraillage de poinçonnement sur appuis et sous charges ponctuelles,
- Ferraillage des semelles sur pieux ou barrettes,
- Ferraillage des corbeaux,
- Ferraillage de construction.

Chamoa_3D ne détermine pas les épures de ferraillage qui sont donc à la charge du projeteur. Les quantités d'acier fournis par Chamoa_3D ne prennent pas en compte le décalage dû au bras de levier en flexion. Celui est donc également à la charge du projeteur.

Chapitre II - Typologie des ouvrages

Ce chapitre décrit la technologie des ouvrages de Chamoa dans ses aspects fonctionnels et géométriques. Les ouvrages types de Chamoa sont : **PSIDA, PSIDP, PIPO, PICF**.

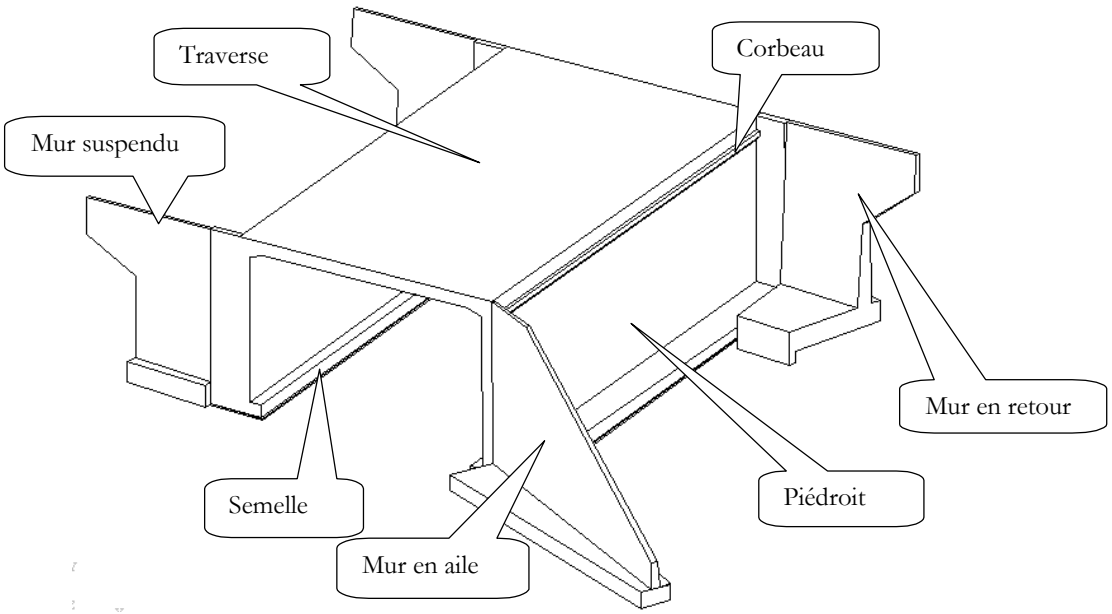
Les ouvrages sont décomposés en éléments d'ouvrages. Chaque élément d'ouvrage assure une fonction particulière et participe au fonctionnement global de l'ouvrage. Chaque élément doit être conçu, dimensionné et justifié selon le type de l'ouvrage dans lequel il s'insère. Un élément d'ouvrage peut contenir des éléments de renforcement et des éléments de liaison avec d'autres éléments. D'autre part le sol participe à la résistance de la structure, les remblais sont des éléments propres à l'ouvrage et participent aux actions exercées sur la structure. L'eau est un élément du site qui doit être pris en compte dans les actions exercées sur la structure.
La nomenclature des armatures qui doivent être justifiées et dimensionnées est précisée dans ce chapitre.

II.1 - Typologie du portique ouvert

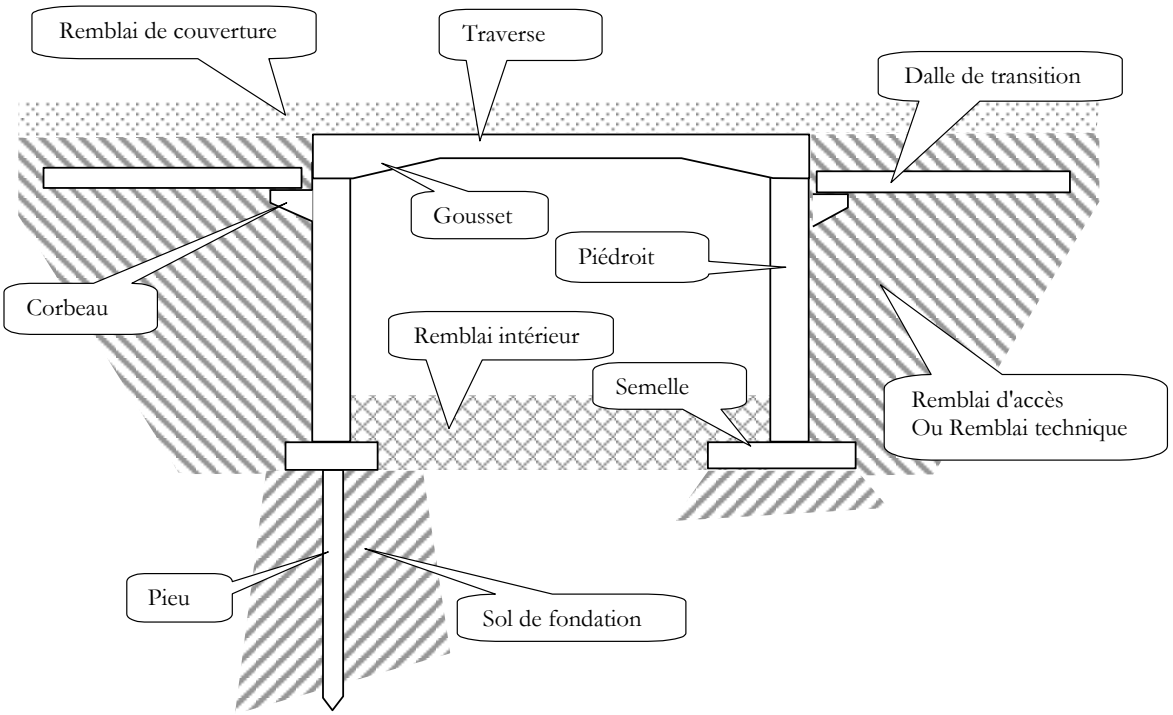
La structure du portique ouvert est constituée d'une traverse supérieure et de deux piédroits faisant office de culée. La traverse comporte des goussets assurant le renforcement de sa liaison en encastrement avec les piédroits.

Les piédroits sont appuyés ou encastrés soit sur une semelle assurant la liaison avec le sol (fondation superficielle) ou assurant la liaison avec le sol à l'aide de pieux (fondations profondes) soit directement sur le sol (rocheux).

II.1.1 - Géométrie d'un portique ouvert



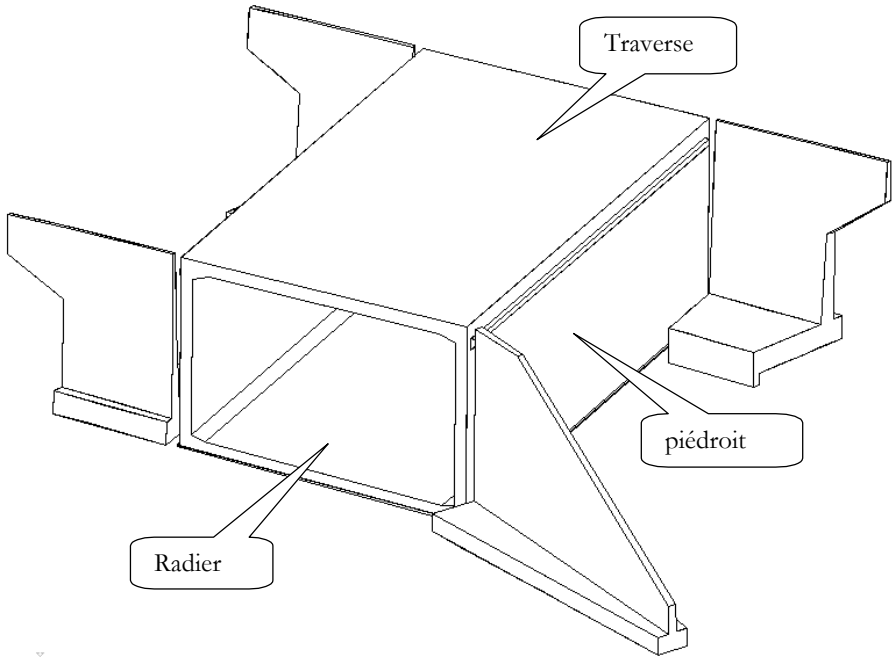
II.1.2 - Schéma d'un portique ouvert



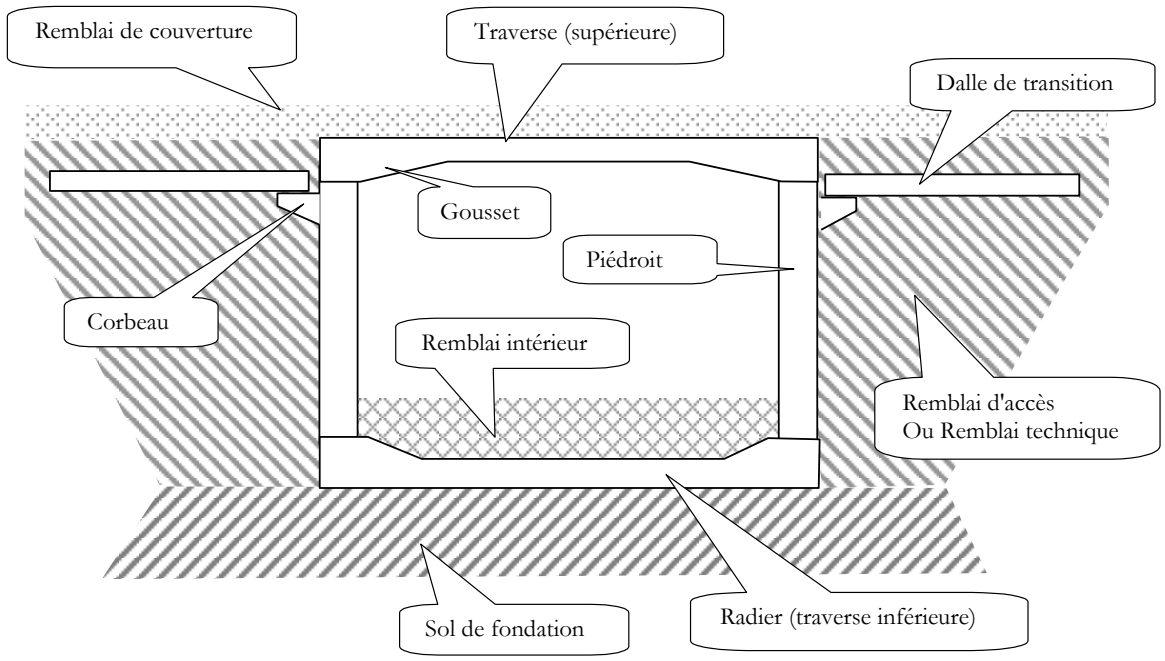
II.2 - Typologie du cadre fermé

La structure du cadre fermé est constituée d'une traverse supérieure, de deux piédroits faisant office de culées et d'un radier. La traverse et le radier comportent des goussets assurant le renforcement de leur liaison en encastrement avec les piédroits.

II.2.1 - Géométrie d'un cadre fermé (PICF)



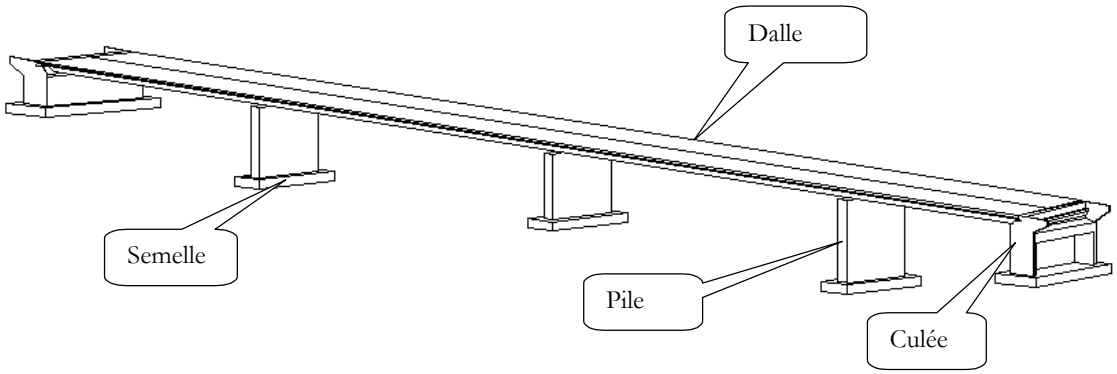
II.2.2 - Schéma d'un cadre fermé (PICF)



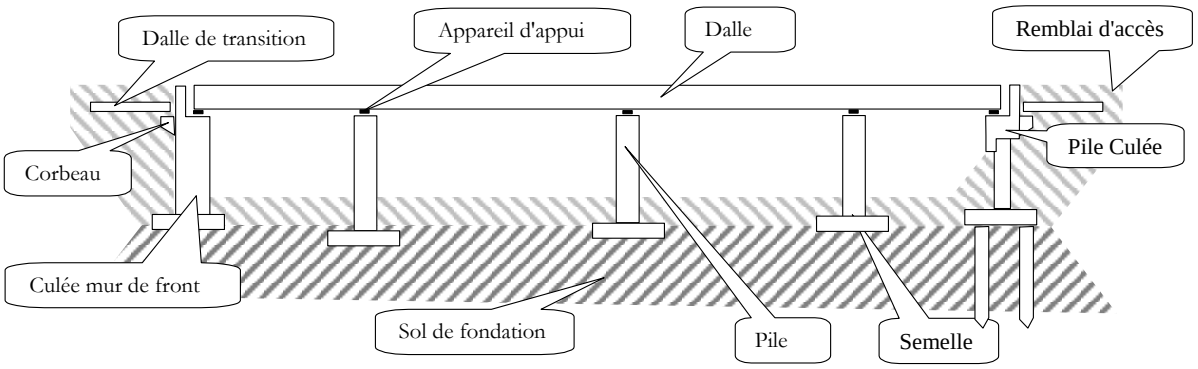
II.3 - Typologie du Pont dalle BA

La structure de l'ouvrage est constituée d'un tablier en forme de dalle, de deux culée et de zéro, une ou plusieurs piles intermédiaires. Les piles et culées peuvent être sur des fondations superficielles (semelles) ou des fondations profondes (pieux). Le pont dalle BA peut comporter des encorbellements de faible dimension.

II.3.1 - Géométrie d'un pont dalle BA

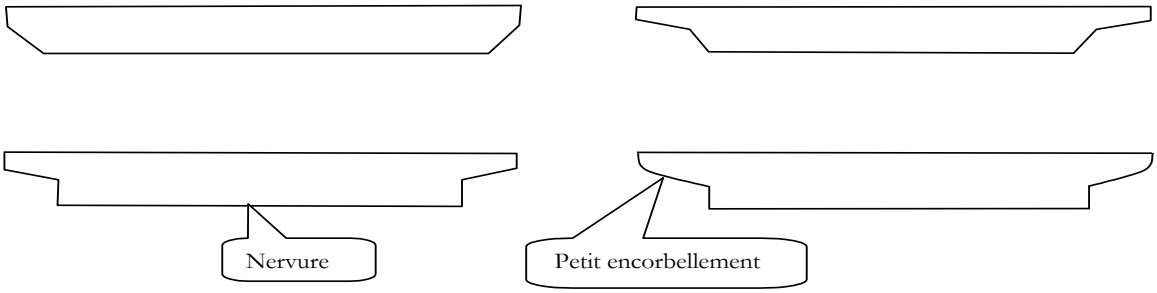


II.3.2 - Schéma d'un pont dalle BA



II.3.3 - Sections droites d'une dalle en BA

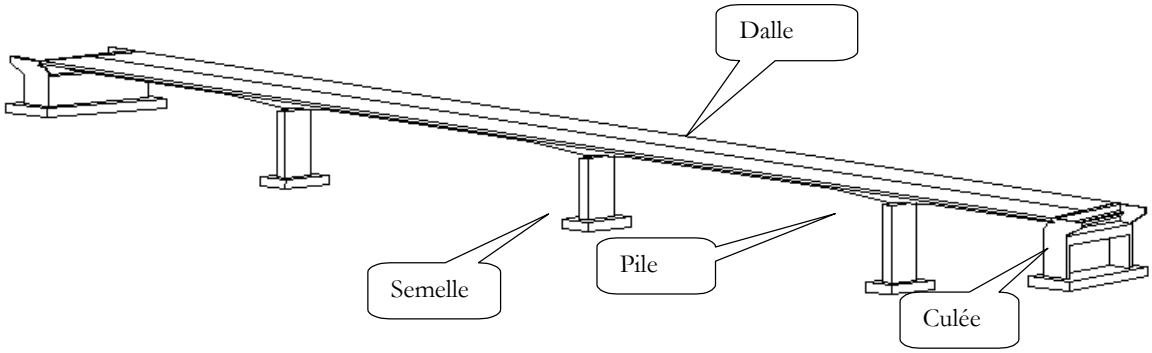
Pour les dalles BA, les encorbellements sont de taille réduite.



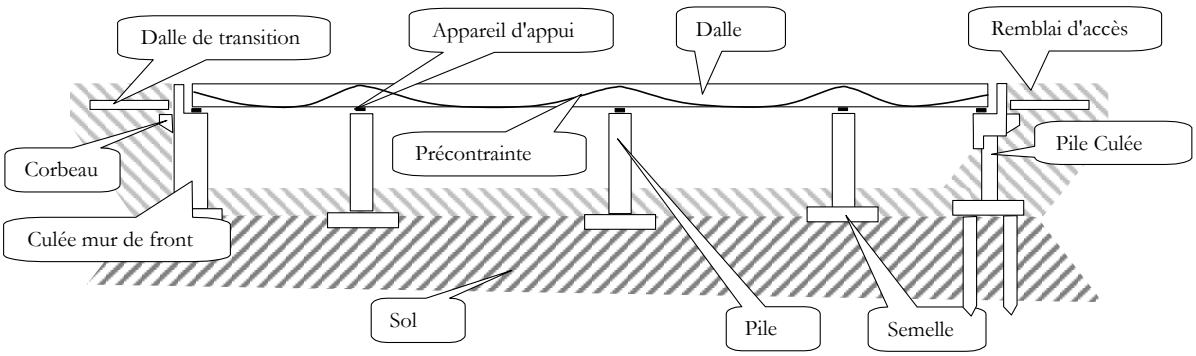
II.4 - Typologie du Pont dalle BP

La structure de l'ouvrage est constituée d'un tablier de type dalle, de deux culées et de zéro, une ou plusieurs piles intermédiaires. Les piles et culées sont sur des fondations superficielles (semelles) ou des fondations profondes (pieux). Le pont dalle BP peut bénéficier d'une inertie variable et de larges encorbellements.

II.4.1 - Géométrie d'un pont dalle BP à inertie variable

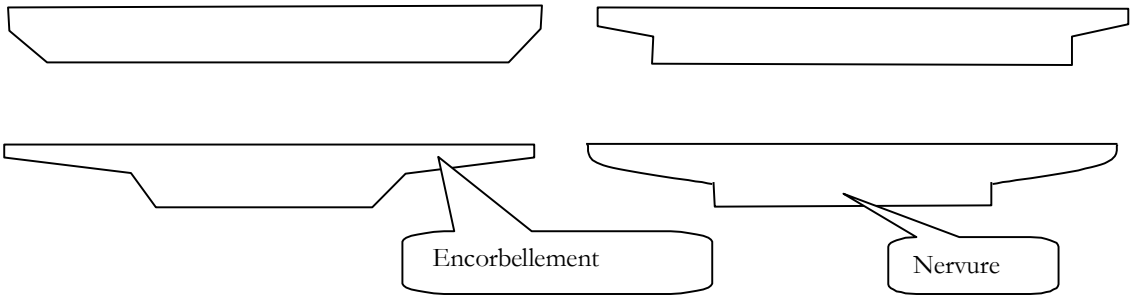


II.4.2 - Schéma d'un pont dalle BP à inertie constante



II.4.3 - Sections droites d'une dalle en BP

La précontrainte longitudinale permet des encorbellement plus importants que le béton armé.

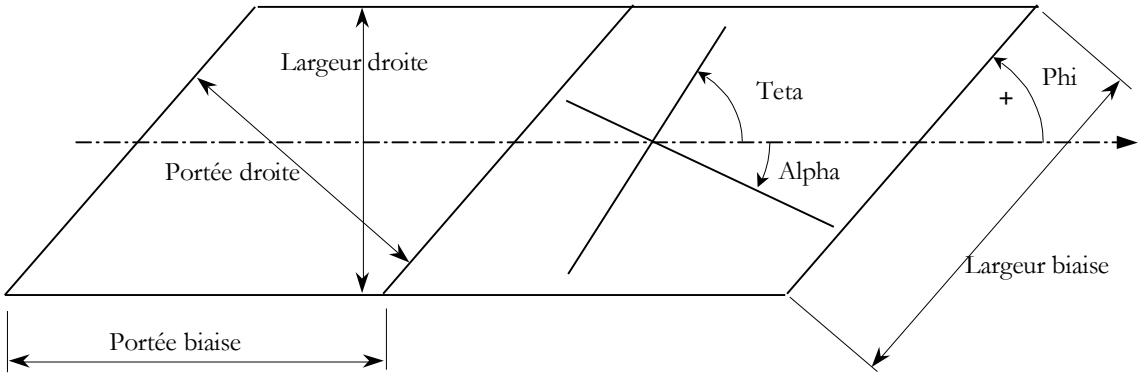


II.5 - Caractéristiques géométriques du tablier

Les ouvrages étudiés par CHAMOA ont des caractéristiques précises qui délimitent leur domaine technologique et fonctionnel.

Parmi ces caractéristiques on trouve les paramètres fonctionnels que sont le biais noté Phi et le rapport de forme noté Eta.

Eta = Largeur droite / Portée droite
Phi = Angle formé par le bord libre et la ligne d'appui (biais géométrique **Phi** ≥ 50 grades).



Les armatures de flexion sont repérées par rapport à la direction des bords libres ou des lignes d'appui (parallèles, perpendiculaires ou faisant un angle).

Alpha = angle d'une armature longitudinale avec l'axe de l'ouvrage.
Teta = angle d'une armature transversale avec l'axe de l'ouvrage.

Les ouvrages dont le biais géométrique **Phi** est inférieur à 50 grades sortent du champ des ponts types. La conception de ces ouvrages doit faire intervenir armatures supplémentaires qui ne sont pas prises en compte dans les ponts types.

II.6 - Eléments d'ouvrages

Eléments d'ouvrage	PIPO	PICF	PSIDA	PSIDP
Dalle			x	x
Traverse supérieure	x	x		
Pile			x	x
Culée			x	x
Piédroit	x	x		
Dalle de transition	x	x	x	x
Semelle	x		x	x
Radier		x		
Pieu	x		x	x
Barrette	x		x	x
Mur en retour	x	x	x	x
Mur en retour suspendu	x	x		
Mur en aile	x	x	x	x
Sol de fondation	x	x	x	x

II.7 - Zones spécifiques

Zones	PIPO	PICF	PSIDA	PSIDP
Encorbellement			x	x
Nervure			x	x
Bord libre	x	x	x	x
Gousset supérieur	x	x		
Gousset inférieur		x		
Chevêtre d'about			x	x
Chevêtre intermédiaire			x	x
Extension de chevêtre			x	x
Angle obtus	x	x	x	x
Angle aigu	x	x	x	x
Reprise de bétonnage	x	x		
Parement latéral	x	x	x	x
Zone de poinçonnement			x	x
About			x	x

II.8 - Eléments de fixation

Eléments de fixation	PIPO	PICF	PSIDA	PSIDP
Corbeau[1]	x	x	x	x
Bossage tablier			x	x
Bossage pile			x	x
Bossage culée			x	x

[1] Si dalle de transition

Chapitre III - Principes de ferraillage

III.1 - Armatures longitudinales et transversales

On appelle habituellement "longitudinales" les armatures orientées dans le sens longitudinal de l'ouvrage et on appelle "transversales" les armatures orientées dans le sens transversal de l'ouvrage.

Par extension l'adjectif "longitudinal" s'appliquera dans CHAMOA à toute armature de flexion parallèle (horizontale ou verticale, voire oblique (béquille)) au plan vertical contenant l'axe longitudinal (droit ou biais) de l'ouvrage. En complément on utilisera l'ajectif "transversal" à toutes les autres armatures de flexion.

III.2 - Nomenclature des armatures

Les armatures appartiennent chacune à un lit d'armatures. Le lit 1 est le plus près de la paroi et le lit 3 est le plus éloigné. En général le lit 1 est occupé par des armatures transversales, le lit 2 par des armatures longitudinales et le lit 3 par des armatures de renfort.

Les armatures sont désignées de manière unique par la concaténation de cinq champs :

Elément d'ouvrage	Zone	Type	Direction	Face

Le champ **élément d'ouvrage** peut prendre les valeurs suivantes :

Abréviation	Description
DAL	dalle
TRAV	traverse
PIED	piédroit
SEM	semelle
RAD	radier
DDT	dalle de transition
PIEU	pieu
BAR	barrette

Le champ **zone** peut prendre les valeurs suivantes :

Abréviation	Description	Application						
		DAL	TRA	PIED	SEM	RAD	DDT	PIEU
GENE	GENErale,	x	x	x	x	x	x	x
ENC	ENCorbellement	x						
NER	NERvure	x						
POUBOR	POUtre de BORd libre	x	x					
BORLIB	BORd LIBre	x	x					
ABOUT	ABOUT	x						
CHEVA	CHEVêtre d'About	x						
CHEVI	CHEVêtre Intermédiaire	x						
ECHEV	Extension de CHEVêtre	x						
ANGO	ANGle Obtus	x	x					
ANGA	ANGle Aigu	x	x					
GOUSINF	Gousset inférieur					x		
GOUSSUP	Gousset supérieur		x					
REPBINF	REPrise de Bétonnage inférieure			x				
REPBSUP	REPrise de Bétonnage supérieure		x					
PIEU	accrochage de PIEU				x			
BAR	accrochage de BAR				x			
PARL	PARement Latéral	x	x		x	x		
ZPOIN	Zone de poinçonnement	x						
CORB	CORbeau			x				

Le champ **type** peut prendre les valeurs suivantes :

LON	LONgitudinal
TRA	TRAnsversal
ACIS	Armature de CISaillement
PREC	PREContrainte
DIFSURF	DIFfusion de SURFace
DIFECLA	DIFfusion d'ECLAtement

Le champ **direction** peut prendre les valeurs suivantes :

PABL	PArallèle aux Bords Libres
PELA	PErpendiculaire à la Ligne d'Appui
PALA	PArallèle à la Ligne d'Appui
PEBL	PErpendiculaire aux Bords Libres
VERT	VERTicale

Le champ **face** peut prendre les valeurs individuelles suivantes :

EXT	EXTérieur
INT	INTérieur
SUP	SUPérieur
INF	INFérieur

ou les valeurs combinées suivantes :

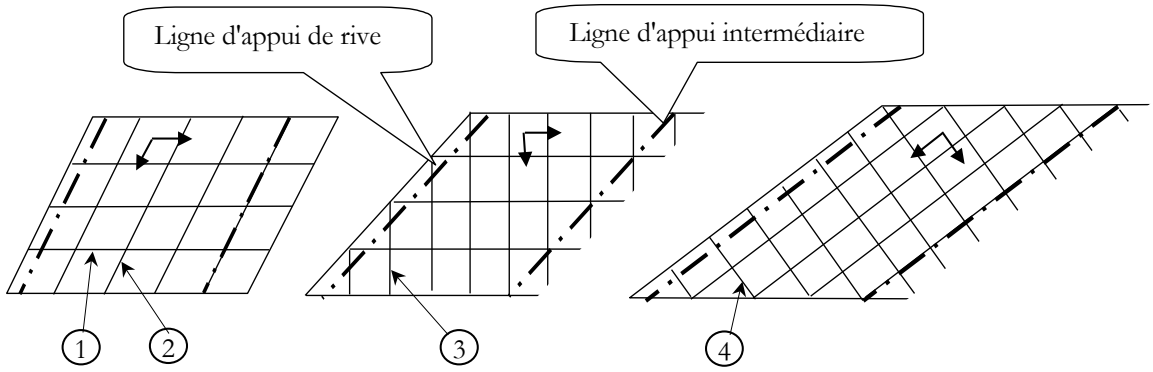
EXTINF	Extérieur INFérieur
EXTSUP	Extérieur SUPérieur
INTINF	Intérieur INFérieur
INTSUP	Intérieur SUPérieur

III.3 - Directions des armatures principales

Les armatures principales sont les armatures de flexion longitudinales et transversales. Leur directions déterminent les dispositions constructives de l'ensemble du ferraillage.

On distingue trois types de couples de directions. Ces directions sont choisies pour maximiser la résistance des aciers dans toutes les directions. Les aciers de renfort devront être adaptés au choix des directions des armatures principales.

Type 1 : Parallele_Parallele, parallele au bord libre et à la ligne d appuis,
Type 2 : Treillis_Bord encore désigné Parallele_perpendiculaire (au bord libre),
Type 3 : Treillis_Appuis encore désigné Perpendiculaire_parallele (à la ligne d'appuis),



dalle

N°	Nomenclature [1]	Lit
1	DAL_GENE_LON_PABL *	2
2	DAL_GENE_TRA_PALA *	1
3	DAL_GENE_TRA_PEBL *	1
4	DAL_GENE_LON_PELA *	2

Traverse et Radier

N°	Nomenclature [1]	Lit
1	(TRAV/RAD)_GENE_LON_PABL *	2
2	(TRAV/RAD)_GENE_TRA_PALA *	1
3	(TRAV/RAD)_GENE_TRA_PEBL *	1
4	(TRAV/RAD)_GENE_LON_PELA *	2

[1] Voir le chapitre Nomenclature des armatures
[1] Voir le chapitre Nomenclature des armatures

III.4 - Choix des directions des armatures principales

Le choix des types de directions des armatures principales est déterminé par le biais géométrique Phi et par le coefficient de forme Eta.

Conditions	Lignes de Référence		Types de direction
	Ligne d'appui	Bord libre	
Phi > 70 grades	Parallèle	Parallèle	1-
50 < Phi < 70 , Eta <2/3		Parallèle perpendiculaire	2
50 < Phi < 70 , Eta >3/2	Parallèle Perpendiculaire		3

III.5 - Choix des directions par types d'ouvrages

Les différents types d'ouvrages ne peuvent pas tous s'accorder avec tous les types de directions de ferraillage principal.

type	PIPO	PICF	PSIDA	PSIDP
1	x	x	x	x
2	x	x	x	x
3	x	x	(1)(2)	

Les directions de type 3 ne conviennent pas aux ouvrages comportant plusieurs travées.

(1) Un PSIDA isostatique pourrait à la rigueur s'accorder avec le type 3 mais il serait avantageusement remplacé par un PIPO ou un PICF.
(2) Non traité par Chamoa_3D

Dans le cas de ponts au biais faible (entre 85 et 100 grades), le ferraillage longitudinal est généralement parallèle au bord libre et le ferraillage transversal est parallèle aux lignes d'appuis **(option 1).**

Dans le cas de pont de ponts au biais modéré (entre 50 et 85 grades), il faut en fait distinguer 2 configurations supplémentaires pour la mise en place du ferraillage courant :

- les ponts aussi longs que larges (2/3<Eta<3/2) : on retrouve les dispositions déjà décrites pour les ouvrages de biais faible, cette option est moins efficace, mais est plus facile à mettre en œuvre. Le ferraillage longitudinal sera disposé parallèlement aux bords libres et les aciers transversaux sont disposés parallèlement aux lignes d'appui **(option 1).**

- les ponts longs et peu larges (Eta<2/3) : le ferraillage longitudinal sera disposé parallèlement aux bords libres et les aciers transversaux sont disposés perpendiculairement aux bords libres **(option 2).**

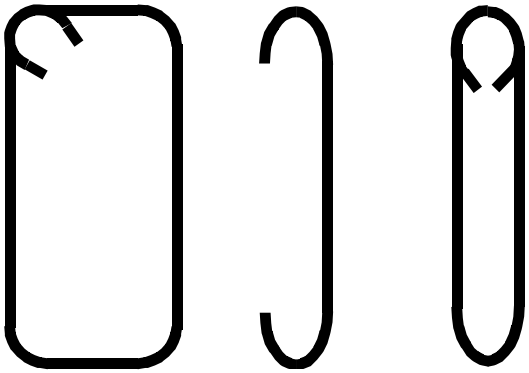
- les ponts peu longs et larges (3/2<Eta): le ferraillage longitudinal sera disposé perpendiculairement aux lignes d'appui et les aciers transversaux sont disposés parallèlement aux lignes d'appui **(option 3)**. Cette disposition ne concerne que les portiques et pourrait concerner les dalles isostatiques. En fait pour les dalles, on n'est pratiquement jamais dans cette configuration, mais plutôt pratiquement toujours dans la configuration de l'option 2.

III.6 - Choix des directions par éléments d'ouvrages

	DALLE	TRA	RADIER	DDT	PIED	SEMFS	SEMFP	PIEU	BARRETTE
PABL	X	X	X	X					
PELA	X	X							
PALA	X	X	X	X					
PEBL	X	X							

III.7 - Etriers, cadres et épingles

Les étriers et épingles et cadres forment les armatures de cisaillement. Ils sont utilisés pour former un mécanisme de bielle. Les cadres permettent de reprendre les mêmes efforts tout en formant une poutre interne lorsque cela est nécessaire (bord libre par exemple).



Les quantités d'acier de ces armatures et leur répartitions longitudinales et transversales sont calculées par CHAMOA pour chaque élément d'ouvrage.

III.8 - Frettes

Les frettes sont utilisées pour diffuser les efforts de poinçonnement au droit des forces concentrées. On trouve les frettes dans des bossages au niveau des appareils d'appui, sous la dalle et au dessus du sommier des piles et culées.

III.9 - Armatures de diffusion

Les armatures de diffusion de la précontrainte sont de deux sortes : les armatures de surface et les armatures d'éclatement.
Les armatures de surface sont des frettes permettant de diffuser les forces d'ancrage de la précontrainte.
Les armatures d'éclatement sont des armatures qui permettent d'empêcher l'éclatement du béton le long de l'ancrage.

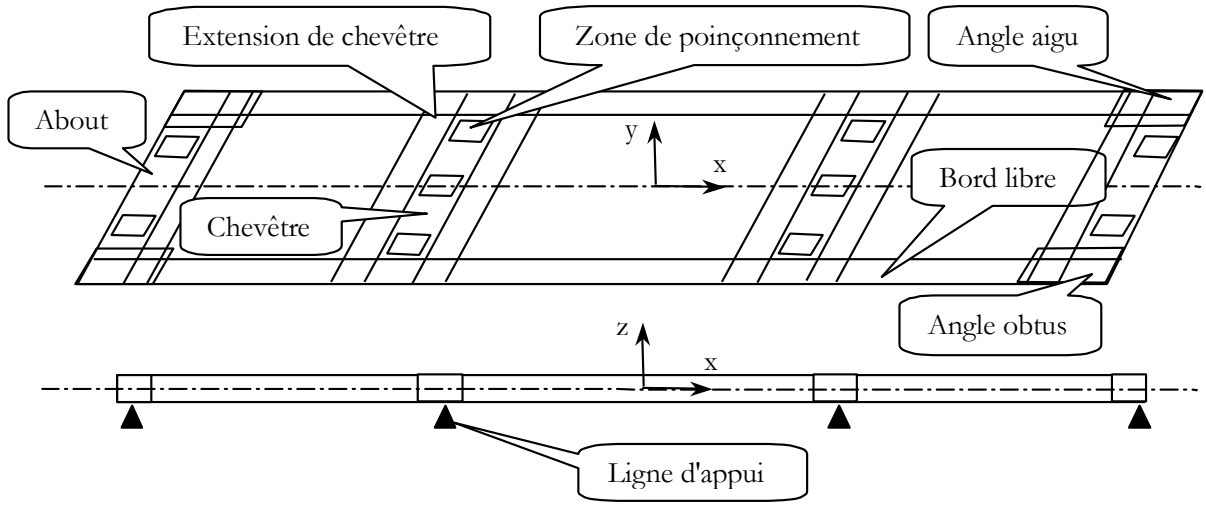
III.10 - Armatures de précontrainte

Les armatures de précontraintes ne sont présentes que pour les PSIDP, avec ou sans encorbellements. Les câbles de précontrainte sont d'un seul tenants. Ils peuvent être mis en tension en une ou plusieurs fois. Les câbles de précontrainte peuvent être soit définis automatiquement par CHAMOA (projet), soit imposés par l'utilisateur (vérification). On ne prévoit que de la précontrainte longitudinale parallèle au bord libre.

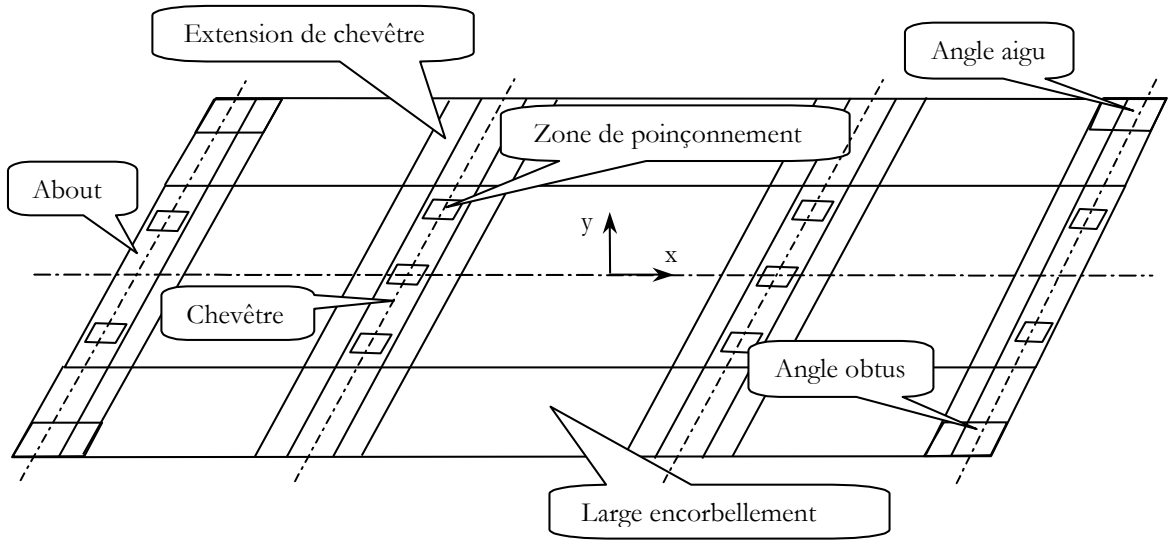
Chapitre IV - Ferraillage des éléments d'ouvrage

IV.1 - Dalle

Le tablier est de type dalle pleine en béton armé ou béton précontraint. Des petits encorbellements sont possibles (PSIDA-PSIDP).



Les encorbellement larges sont réservés aux ouvrages précontraints (PSIDP).



Le tablier supporte les superstructures et les charges de roulement.
Le tablier est renforcé par des armatures ad hoc le long des bords libres, aux abouts et au droit de chaque ligne d'appui intermédiaire par un chevêtre incorporé.
Le dimensionnement des armatures soit par des règles appliquées aux résultats du calcul de structure, soit par des méthodes relevant des règle de l'art, soit par des valeurs forfaitaires.

Ferraillage

Ferraillage longitudinal	(face inférieure et supérieure),
Ferraillage transversal	(face inférieure et supérieure),
Ferraillage de bord libre	(face inférieure et supérieure),
Ferraillage d'encorbellement	(face inférieure et supérieure),
Ferraillage des angles	(face supérieure),

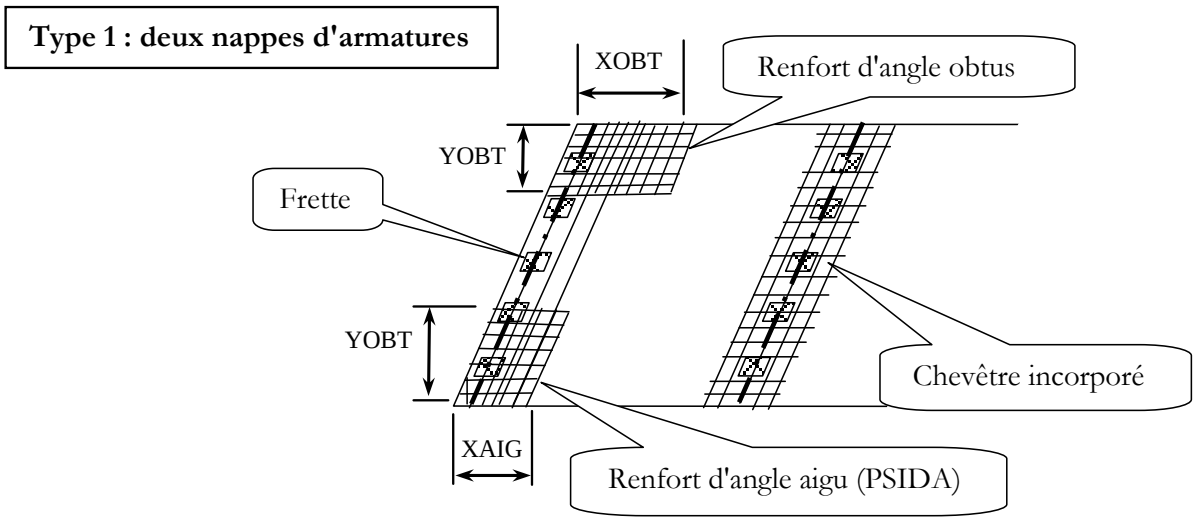
Ferraillage d'about	(face supérieure),
Ferraillage de chevêtre	(face supérieure et inférieure),
Armatures de cisaillement	(longitudinal et transversal),
Armatures de poinçonnement	(appareil d'appui),
Armatures de diffusion	(précontrainte),
Frettes	(bossage).

IV.1.1 - Armature de renfort d'angles PSIDA et PSIDP sans larges encorbellements

IV.1.1.1 - Ouvrages de biais faible (> 85 grades)

Pas de renforcement des angles.

IV.1.1.2 - Ouvrages de biais moyen (> 50 grades et < 85 grades)



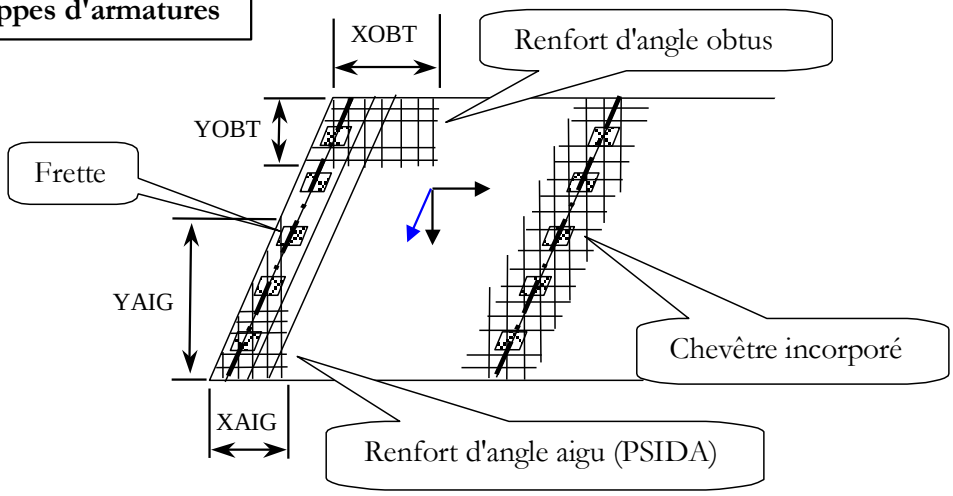
Cette option est intéressante pour les ponts moyennement larges (2/3 < Eta < 3/2).

Ceci vis-à-vis de la facilité de mise en œuvre et des aciers transversaux en zone courante et sur chevêtre de piles et culée. Par contre cette solution est moins intéressante vis à vis de la flexion transversale en travée, car la quantité d'acier en flexion transversale à mettre en œuvre est beaucoup plus grande qu'en option 2. Ainsi si la quantité d'acier transversale ne permet pas d'avoir un taux de ferraillage raisonnable, on préfère généralement passer en option 2.

Il est nécessaire de renforcer les angles avec des aciers de même direction que les aciers principaux.

Les valeurs notées XOBT, YOBT, XAIG et YAIG sont les dimensions des emprises des renforts d'angle obtus et d'angle aigu.

Type 2 : trois nappes d'armatures



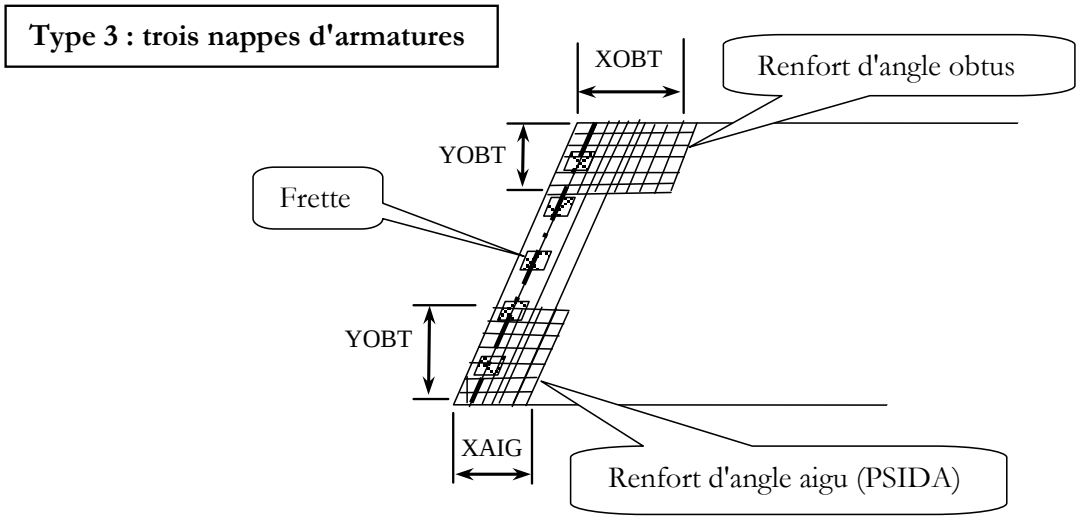
Cette option est intéressante pour les ponts peu larges (Eta < 2/3).

Dans cette option 2, les chevêtres intégrés sur pile ont des ferraillages longitudinaux et transversaux orientés de la même façon que le ferraillage courant, c'est-à-dire ici parallèles aux bords libres et perpendiculaires au bord libre et non selon la ligne d'appuis, ceci pour conserver 2 nappes d'armature Par contre au niveau des culées, les chevêtres incorporés sont parallèles aux lignes d'appuis, créant ainsi une 3èmenappe d'armature, donc en nappe intérieure.

On notera que les aciers de chevêtre sur culée parallèles aux lignes d'appuis sont placés en 3 eme nappe intérieure, et que les aciers de chevêtre sur pile parallèles aux aciers transversaux courants restent en nappe extérieure.

Pour les ponts dalles en option 2, on renforce les angles. Une 1ère variante de renforcement consiste à placer les aciers de renfort selon la direction des aciers principaux, c'est à dire longitudinaux et transversaux, soit respectivement parallèle et perpendiculaire aux bords libres. Pour des raisons de commodité à la mise en œuvre. Une seconde variante de renfort avec des aciers transversaux parallèles au piédroit pourrait être prévue, ce qui permettait d'avoir des aciers transversaux de renfort de longueur uniforme sans ancrage supplémentaires, mais qui seraient placés en 3ème nappe intérieure. Cette variante n'est pas prévue dans Chamoa_3D.

Dans le cas des PSIDP, il faut noter que les angles ne nécessitent pas nécessairement de renforts longitudinaux, mais uniquement transversaux, du fait de la présence de précontrainte dans la direction longitudinale.



Cette option est intéressante pour les ponts très larges (Eta > 3/2) (non traitée par Chamoa_3D).

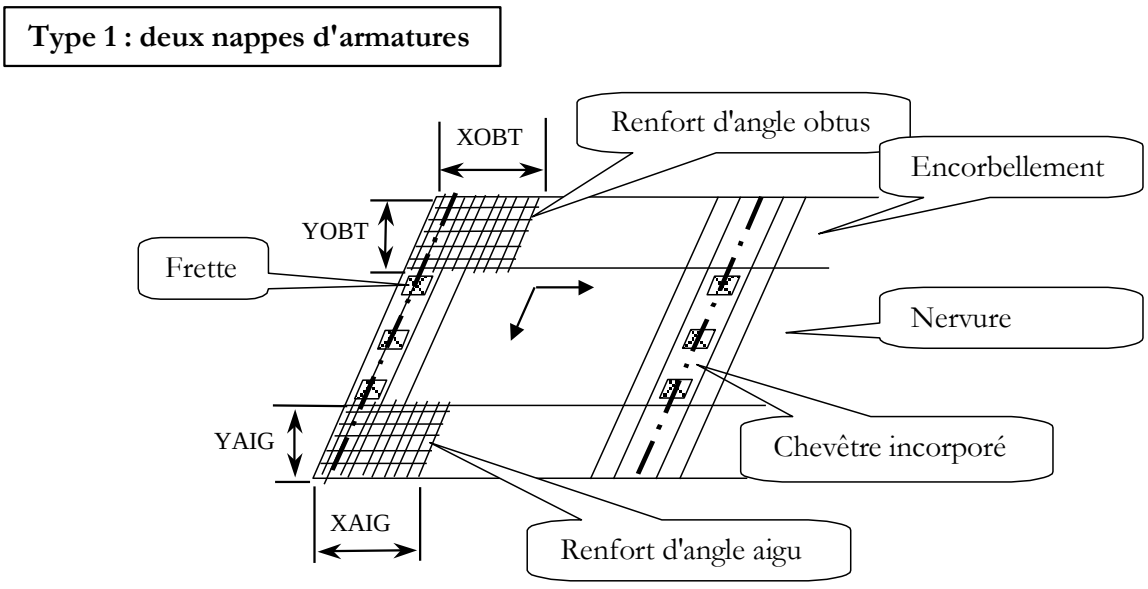
En principe cette option ne devrait pas exister, sauf à la rigueur pour des dalles sur travée isostatique: dans ce cas on renforce les bords libres et les angles obtus et aigus. Le renforcement des angles est obtenu avec un ferraillage orienté selon l'option I. .Le cas des ponts PSDP à larges encorbellements à une travée est exclu. Les aciers de renfort de la zone de bord libre n'ont pas d'épures de barres.

IV.1.2 - Armatures de renfort PSIDP avec larges encorbellements

IV.1.2.1 - Ouvrages de biais faible (> 85 grades)

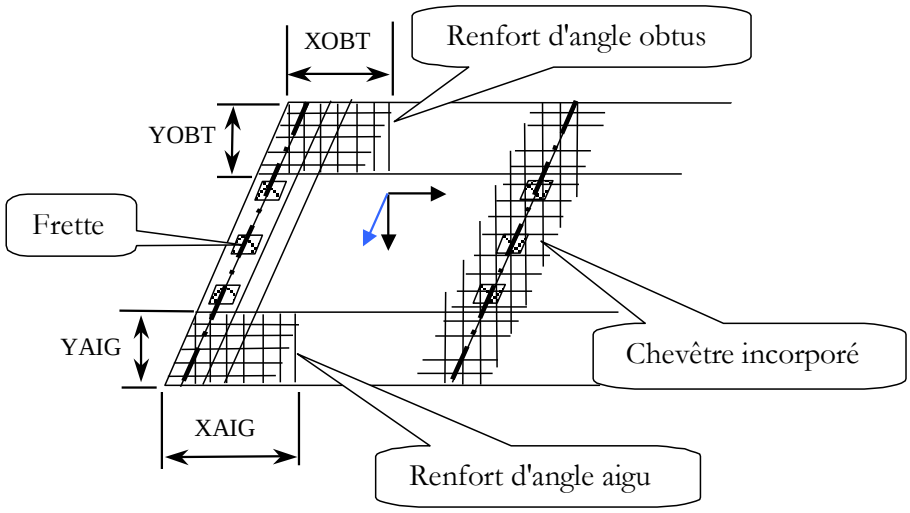
Pas de renforcement des angles.

IV.1.2.2 - Ouvrages de biais moyen (> 50 grades et < 85 grades)



Les ferraillages transversaux et longitudinaux des encorbellements sont doublés sur une distance de 1,5 fois la largeur de l'encorbellement. Le renfort des bords libres et des chevêtres se fait par augmentation des aciers des armatures principales.

Type 2 : trois nappes d'armatures

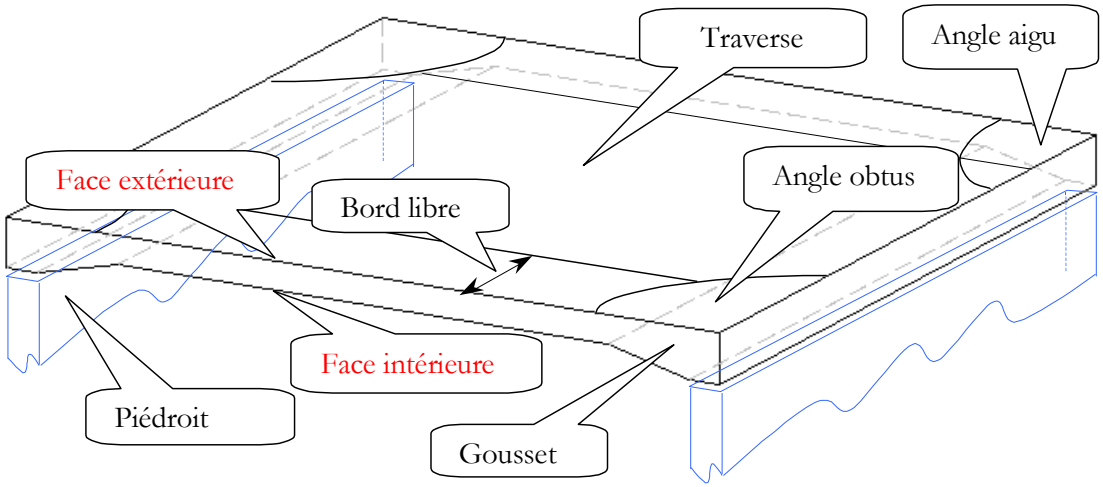


Les ferraillages transversaux et longitudinaux des encorbellements sont doublées sur une distance de 1,5 fois la largeur de l'encorbellement à partir des abouts. Le renfort du chevêtre des lignes d'appui de rive se fait par ajout d'une troisième nappe d'armature (→). Le renfort des bords libres et du chevêtre des lignes d'appuis intermédiaires se fait par augmentation des aciers des armatures principales.

IV.2 - Traverse supérieure

La traverse supérieure des portiques et des cadres est liée aux piédroits par des goussets. La traverse est en béton armé. La traverse supérieure supporte les superstructures, le remblai éventuel et les charges de roulement.

Les goussets sont destinés à améliorer l'encastrement traverse-piédroit et l'encasterment radier-piédroit.



Ferraillage de la traverse
- Ferraillage longitudinal (face intérieure et extérieure),
- Ferraillage transversal (face intérieure et extérieure),
- Ferraillage de bord libre (face inférieure),
- Ferraillage des angles obtus (face supérieure),
- Armatures de cisaillement (longitudinal et transversal),

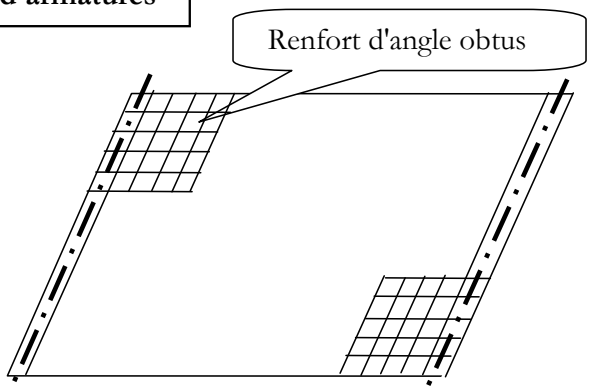
IV.2.1 - Armatures de renfort d'angle

IV.2.1.1 - Ouvrages de biais faible (> 70 grades)

Pas de renforcement des angles.

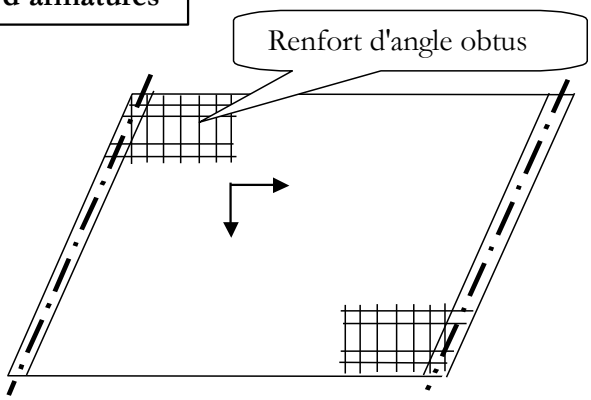
IV.2.1.2 - Ouvrages de biais moyen (> 50 grades et < 70 grades)

Type 1 : deux nappes d'armatures



Cette option est intéressante pour les ponts moyennement larges (2/3 < Eta < 3/2).

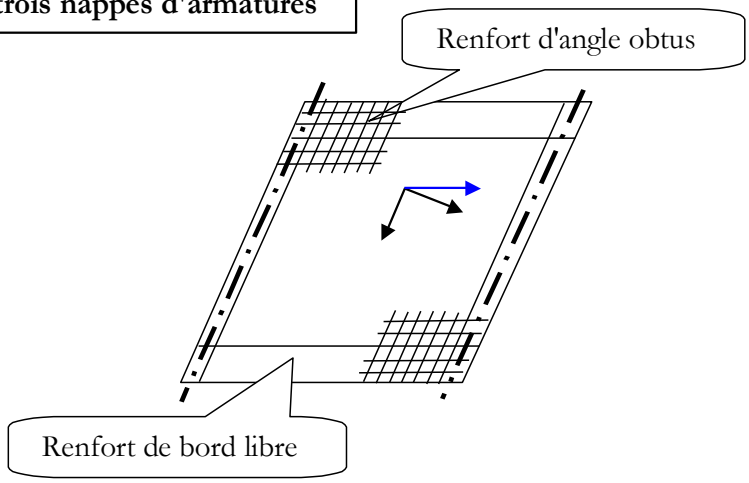
Type 2 : deux nappes d'armatures



Cette option est intéressante pour les ponts peu larges (Eta < 2/3).

Pour les ponts portiques en option 2, on renforce les angles obtus avec des aciers orientés selon la direction des aciers principaux, c'est à dire longitudinaux et transversaux, soit encore respectivement parallèle et perpendiculaire au bord libre. On a ainsi 2 nappes, mais elles sont de longueurs variables.

Type 3 : trois nappes d'armatures

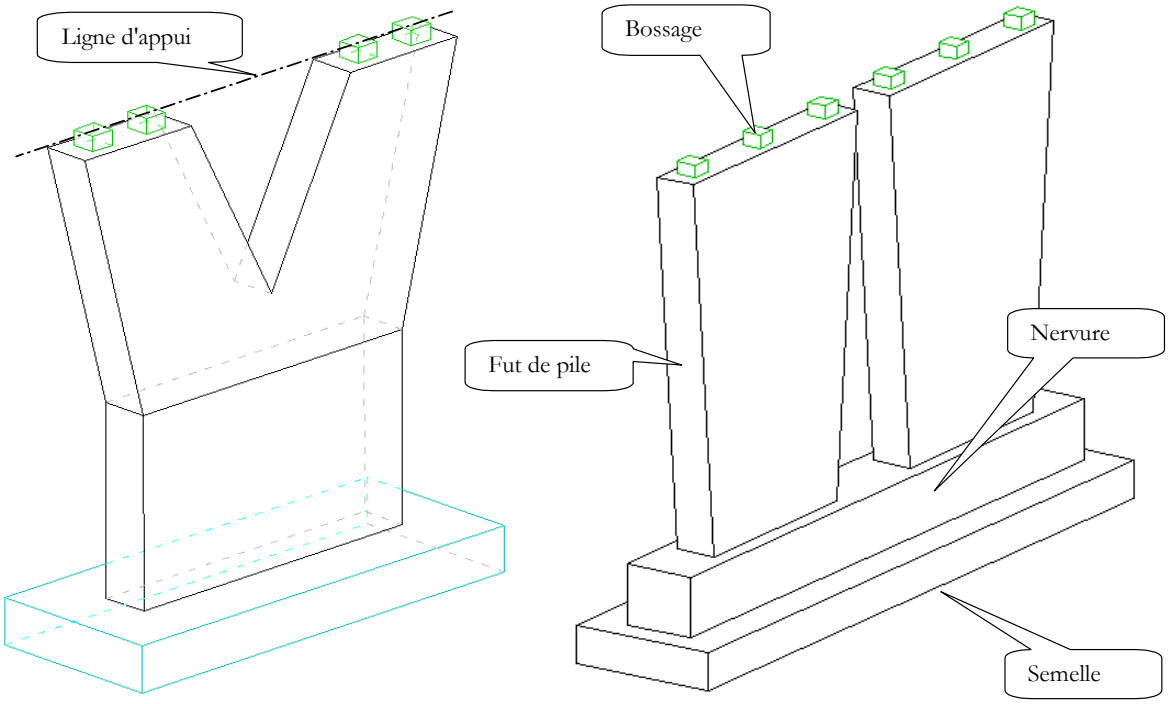


Cette option est intéressante pour les ponts très larges (Eta > 3/2).

Pour les ponts portiques en option 3, on renforce obligatoirement les bords libres sur une largeur droite supérieure à 3 fois l'épaisseur minimale car les aciers principaux ne sont pas efficaces dans ces zones (placé en 3eme nappe intérieure). On renforce également les angles obtus avec des aciers orientés selon la direction des bords libres et du piédroit. On a ainsi 3 nappes pour des raisons de commodités à la mise en œuvre, car les aciers sont de même longueur par direction de renforcement et du fait de la pré-existence d'une 3eme nappe due aux bord libres.

IV.3 - Piles

Les piles ne pas calculées dans Chamoa I. La liaison pile/tablier sera réalisée au moyen des appareils d'appui dans Chamoa II. Dans Chamoa I, la connaissance des dispositions des appareils d'appuis permet de calculer le chevêtre. La pile transmet ses efforts au sol, soit directement (sol rocheux), soit par l'intermédiaire d'une semelle soit par l'intermédiaire d'une semelle et des pieux. La forme des piles est souvent contrainte par un choix d'architecte.



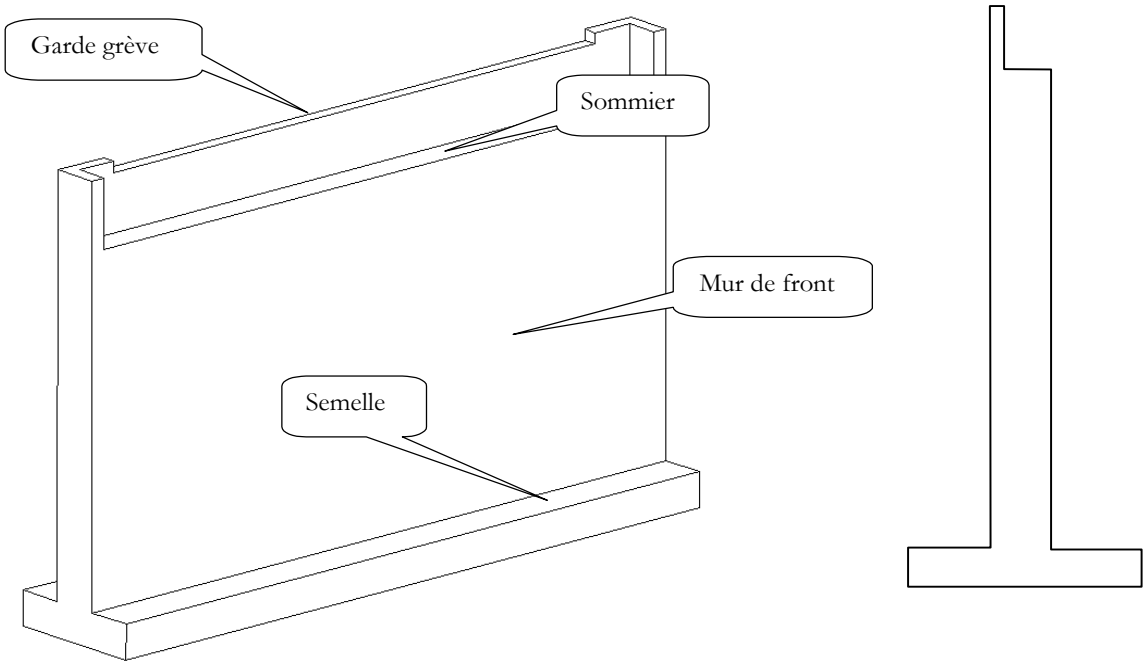
IV.4 - Culées

Les piles culées ne sont pas calculées dans Chamoa I. La liaison culée/tablier sera réalisée au moyen des appareils d'appui dans Chamoa II. Les piles culées transmettent les efforts au sol, soit directement (sol rocheux), soit par l'intermédiaire d'une semelle soit par l'intermédiaire d'une semelle et des pieux. La forme des culées est souvent contrainte par un choix d'architecte.

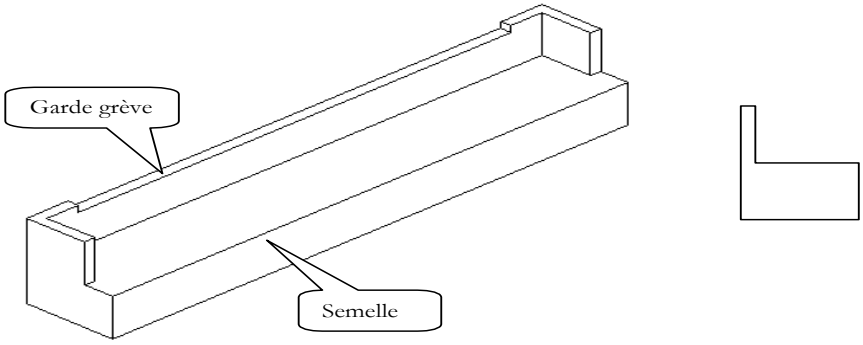
Trois type de culées sont principalement utilisés pour les pont dalles :

- Culée mur de front.
- Culée en tête.
- Pile culée.

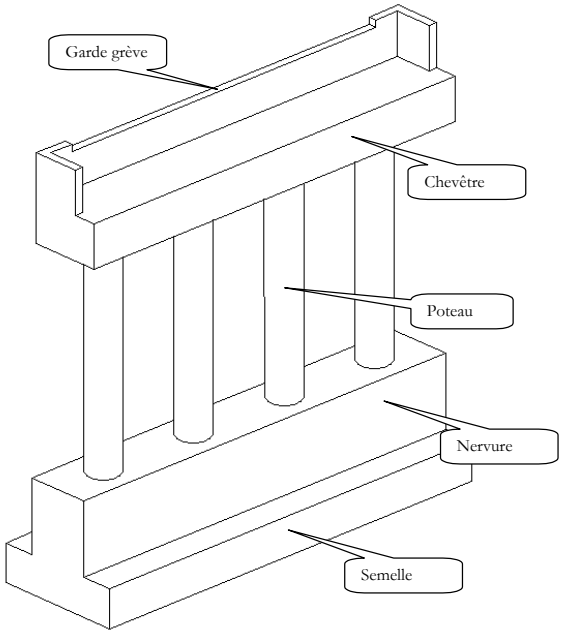
IV.5 - Culée mur de front

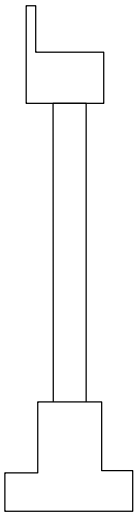


IV.6 - Culée en tête



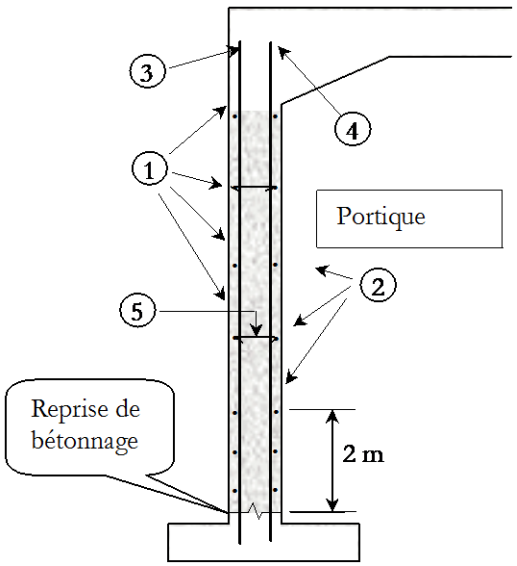
IV.7 - Pile culée

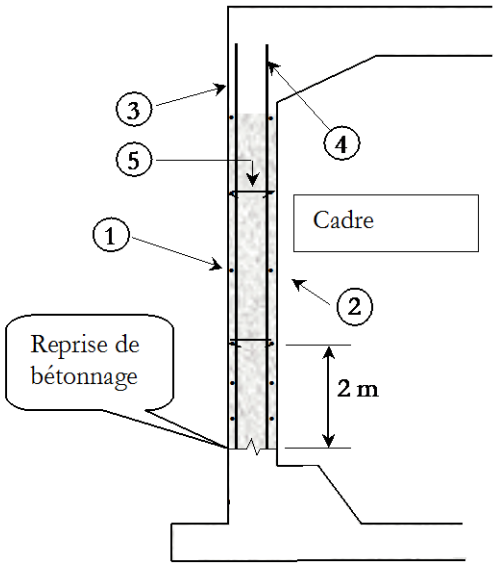




IV.8 - Piédroits

Les piédroits sont des culées intégrées aux portiques et cadres. Le piédroit est formé en partie supérieure du gousset (qui assure la liaison avec la traverse), en partie intermédiaire du mur (mur de front) et en partie inférieure d'une liaison avec une semelle ou le radier.



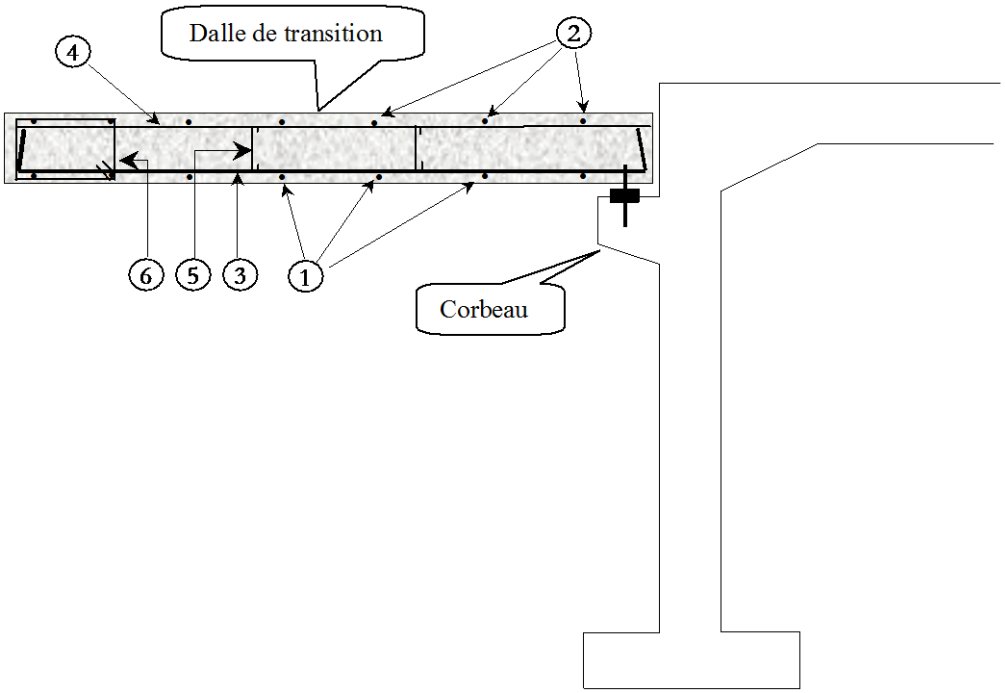


N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_GENE_TRA_EXT	1
2	PIED_GENE_TRA_INT	1
3	PIED_GENE_LON_EXT	2
4	PIED_GENE_LON_INT	2
5	PIED_GENE_ACIS	1

En cas de reprise de bétonnage avec la semelle la densité des aciers 1 et 2 est augmentée sur une hauteur de deux mètres au dessus de la reprise de bétonnage.

IV.9 - Dalles de transition

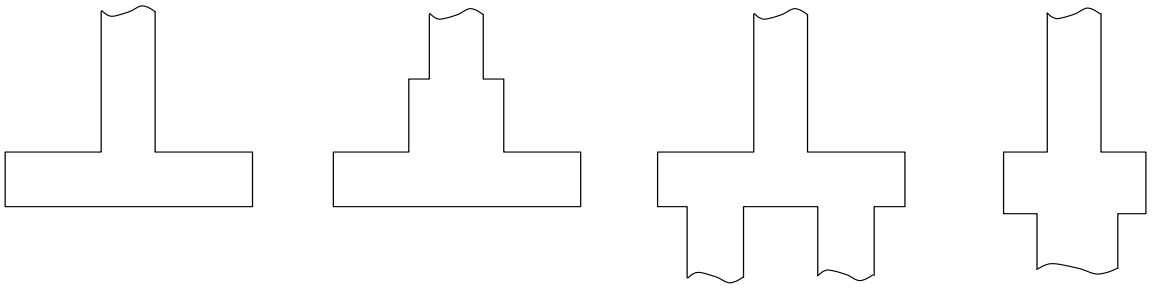
La dalle de transition permet d'améliorer le confort de l'usager en début et fin d'ouvrage. La liaison dalle de transition corbeau est un appui articulé. A l'autre extrémité, la dalle de transition est considérée comme appuyée sur le sol. Le remblai sur la dalle et la chaussée sont considérés comme une charge permanente.



N°	Nomenclature	Nappe
1	DDT_GENE_TRA_PALA_INF	2
2	DDT_GENE_TRA_PALA_SUP	2
3	DDT_GENE_LON_PABL_INF	3
4	DDT_GENE_LON_PABL_SUP	3
5	DDT_GENE_ACIS	2
6	DDT_ABOUT_ACIS	1

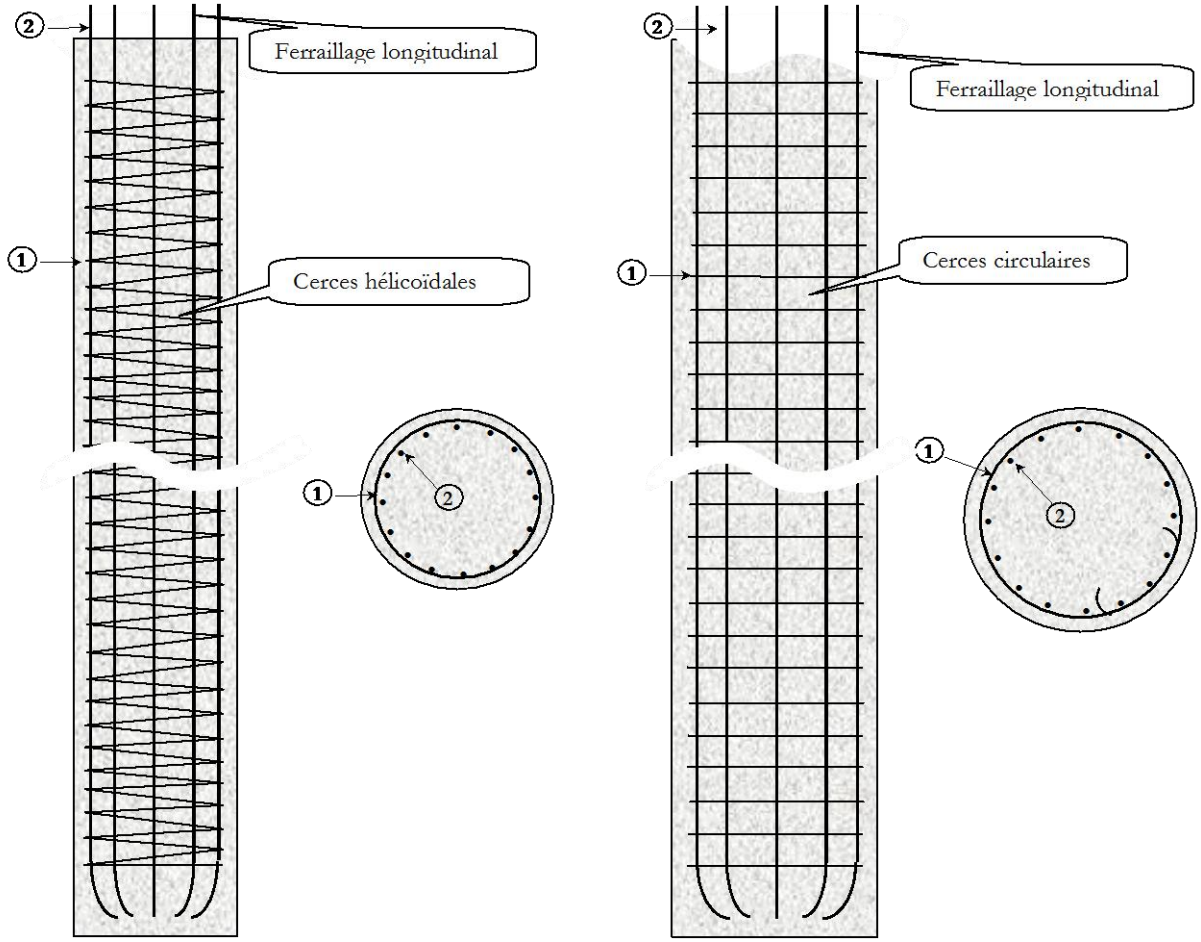
IV.10 - Semelle

Plusieurs principes de ferraillages sont possibles pour les semelles. D'une manière générale, ces principes dépendent des éléments qui sont en liaison avec la semelle. Le détail des ferraillages est présenté dans le chapitre liaisons.



IV.11 - Pieu

Les pieux sont utilisés comme fondations profondes. Ils sont groupés en une ou deux files. Pour les portiques on utilise généralement une seule file de pieux.

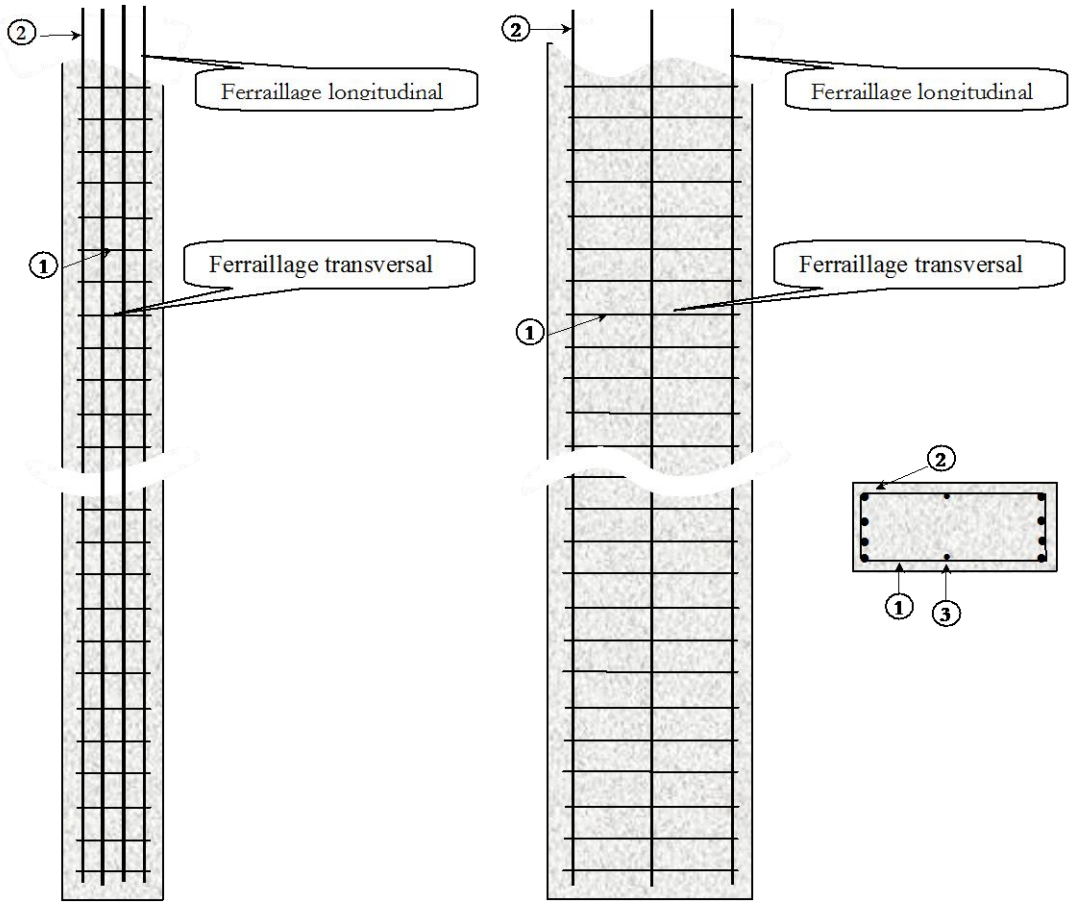


Les armatures longitudinales sont disposées de manière concentrique.
Les armatures transversales sont hélicoïdales ou circulaires.

N°	Nomenclature	Nappe
1	PIEU_GENE_ACIS	1
2	PIEU_GENE_LON	2

IV.12 - Barrettes

Les barrettes sont utilisés comme fondations profondes. elles sont groupées en une ou deux files. Pour les portiques on utilise généralement une seule file de barrettes.

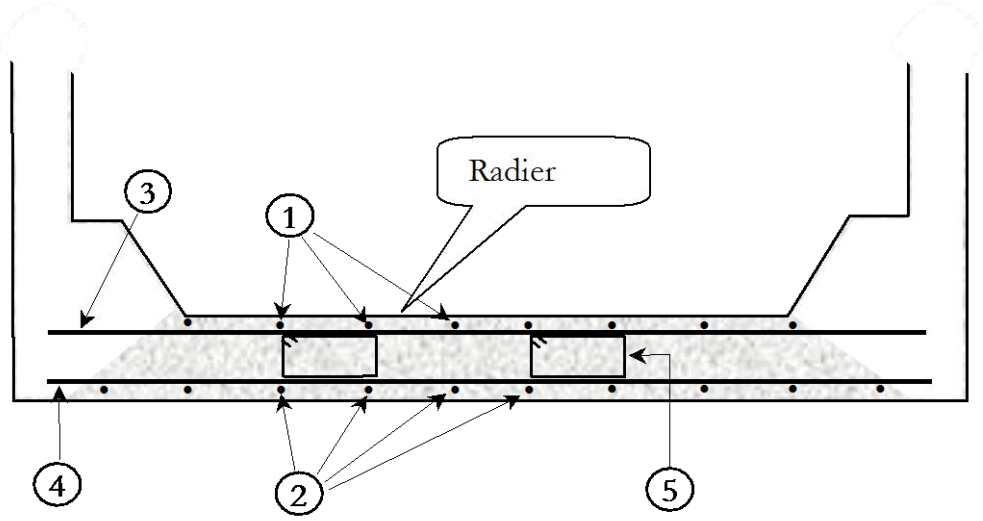


Les armatures longitudinales sont disposées de manière concentrique.
Les armatures transversales sont hélicoïdales ou circulaires.

N°	Nomenclature	Nappe
1	BAR_GENE_ACIS	1
2	BAR_GENE_LON	2
3	BAR_PARL	2

IV.13 - Radier (traverse inférieure)

Le radier est une fondation superficielle. Il permet de contenir les poussées des terres sur les piédroits et répartir le poids de l'ouvrage et des charges d'exploitation sur le sol.



N°	Nomenclature	Nappe
1	RAD_GENE_TRA_PALA_INT	1
2	RAD_GENE_TRA_PALA_EXT	1
3	RAD_GENE_LON_PABL_INT	2
4	RAD_GENE_LON_PABL_EXT	2
5	RAD_GENE_ACIS	2

Chapitre V - Détails de ferraillage des zones spécifiques

V.1 - Zone et poutre de bord libre

On distingue trois problèmes près des bords libres :

1. les sections minimales calculées de ferraillage longitudinal sont plus importantes qu'au centre de la dalle ou de la traverse.
2. Quand les armatures longitudinales ne sont pas parallèles au bord libre, on ne sait pas évaluer la résistance de leur ancrage près du bord.
3. Quand le biais devient plus prononcé, la torsion et l'effort tranchant longitudinal présentent un maximum local près du bord.

On définit une zone de **bord libre** dont la largeur proposée représente trois fois l'épaisseur du tablier et une zone de **poutre de bord libre** dont la largeur représente une fois l'épaisseur.

Dans la zone de bord libre on réalise une épure d'armature de flexion longitudinale distincte de celle de la zone centrale. L'épure mise en œuvre sera l'enveloppe de l'épure de bord libre et de l'épure centrale.

Poutre de bord libre (options de ferraillage : 1,2,3)(PI et PSID)

Dans tous les cas une poutre de bord libre sera constituée en plaçant des armatures formant cadre autour des armatures longitudinales parallèles au bord libre présentes.

Pour les poutres de bord libre, il faut faire un calcul de flexion longitudinale en prenant en compte la torsion. Ce calcul conduit à rajouter des aciers de cisaillement en torsion et éventuellement des renforcements des aciers longitudinaux sur la poutre de bord libre. La poutre a une dimension horizontale égale à la hauteur ht de la nervure principale (épaisseur minimale longitudinalement de la dalle, hors encorbellement) ou de la traverse. Les aciers de longitudinaux de torsion peuvent être placés dans l'épaisseur de la poutre.

Zone de bord libre (option 3) (PI et PSID)

Pour les ouvrages dont l'orientation du ferraillage est de type 3 (biais moyen (50 < phi < 70 grades) et larges (eta > 3/2)), il faut mettre en place des aciers de renfort parallèles au bord libre sur la zone de bord libre en nappe inférieure et en nappe supérieure. Sa largeur est égale à trois fois l'épaisseur de la dalle hors encorbellement. En cas d'encorbellement, on prend le max de la largeur précédente et de celle de l'encorbellement.

Zone de bord libre (options 1 et 2) (PI et PSID)

Il est possible de prévoir une zone de calcul près du bord libre différente du calcul en zone courante éloignée des bords libres. Cette configuration existe déjà sur les ouvrages en poutres-dalles. Dans cette zone, le ferraillage peut différer du ferraillage courant du fait que les efforts sont généralement plus forts que les efforts calculés en zone éloignée des bords libres. Un ferraillage longitudinal uniforme transversalement est alors proposé pour les bords libres. Un ferraillage longitudinal uniforme différent serait proposé pour la partie éloignée des bords libres.

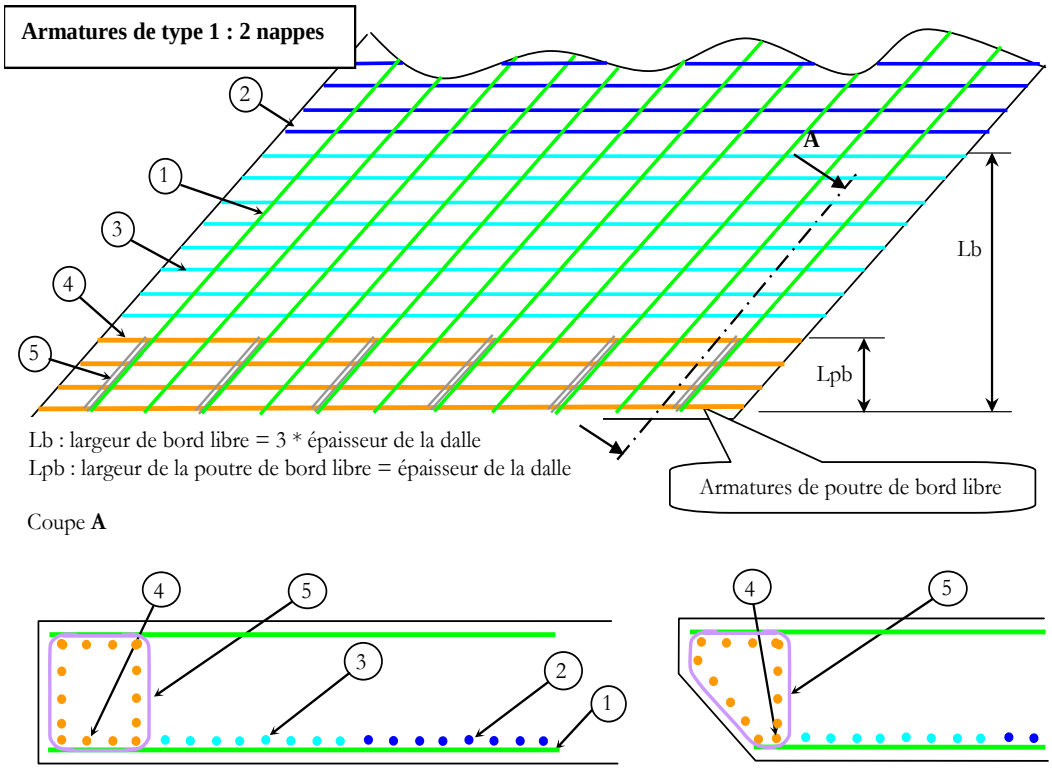
Cette solution est avantageuse car elle reste conforme aux dispositions réglementaires, et elle peut permettre le cas échéant de faire des économies sur les quantités d'acier éloignées des bords libres.

Une restriction est tout de même à prévoir : le ferraillage des bords libres ne pourra pas être plus faible que le ferraillage de la zone éloignée des bords libres. En effet ce cas de figure peut intervenir par exemple avec des larges trottoirs, les zones les plus sollicitées ne seraient plus forcément en bord d'ouvrage. Pour ne pas compromettre la vie de l'ouvrage vis à vis de une évolution ultérieure non

planifiée du profil en travers de l'ouvrage, il semble souhaitable que les zones de bord libre conservent au moins le ferraillage courant. Ceci ne permet pas d'assurer systématiquement la résistance des sections vis à vis du passage des convois sur les zones de bord libre, mais cela limitera cet inconvénient.

La largeur de la zone de bord libre est normalement à définir par le concepteur (par défaut cette valeur est nulle et le ferraillage est identique sur toute la largeur du tablier). Néanmoins si cette option est choisie, la largeur devrait au moins être égale à 3 fois l'épaisseur minimale de la dalle (hors encorbellement) ou de la traverse. En cas d'encorbellement, on prend le max de la largeur précédente et de celle de l'encorbellement.

V.1.1 - Dalle sans encorbellement et traverse



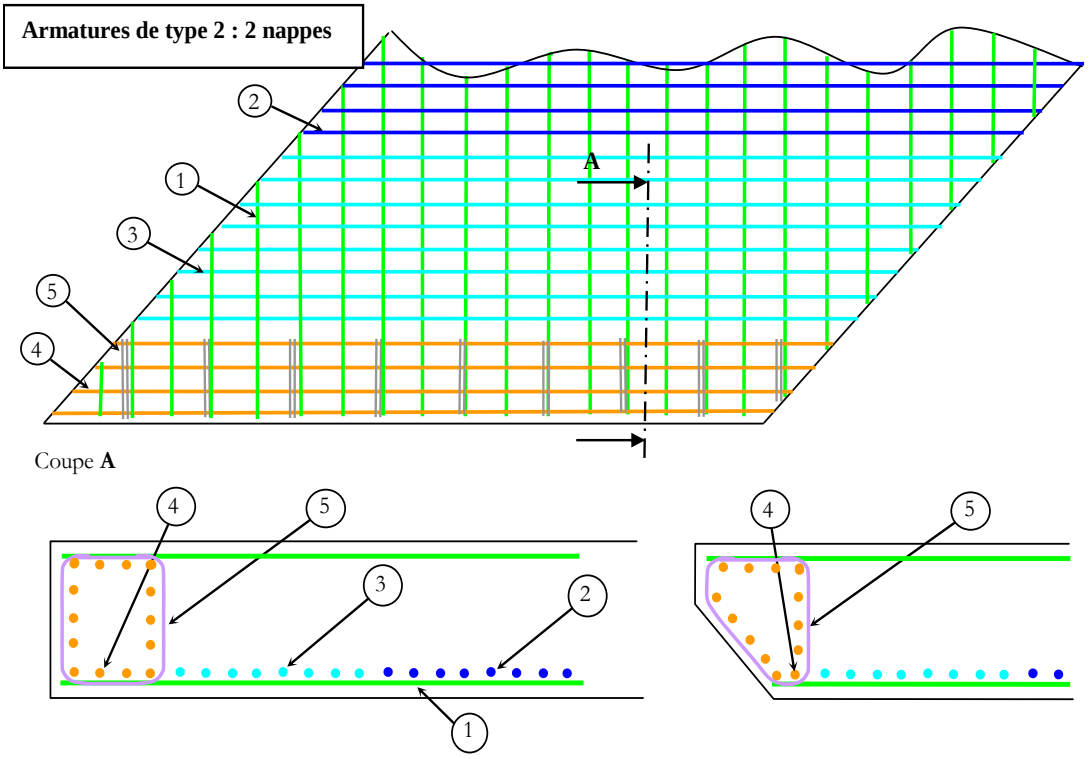
traverse

N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_PALA_INT	1		TRAV_GENE_TRA_PALA_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PABL_INT	2		TRAV_GENE_LON_PABL_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_INT	2		TRAV_BORLIB_LON_EXT	2
4	TRAV_POUBOR_LON_INT	2		TRAV_POUBOR_LON_EXT	2
5	TRAV_POUBOR_ACIS	1		TRAV_BORLIB_ACIS	1

Dalle

N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1		DAL _GENE_TRA_PALA_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2		DAL _GENE_LON_PABL_SUP	2
3	DAL_BORLIB_LON_INF	2		DAL _BORLIB_LON_SUP	2
4	DAL _POUBOR_LON_INF	2		DAL_POUBOR_LON_SUP	2
5	DAL _POUBOR_ACIS	1		DAL_BORLIB_ACIS	1

Armatures de type 2 : 2 nappes



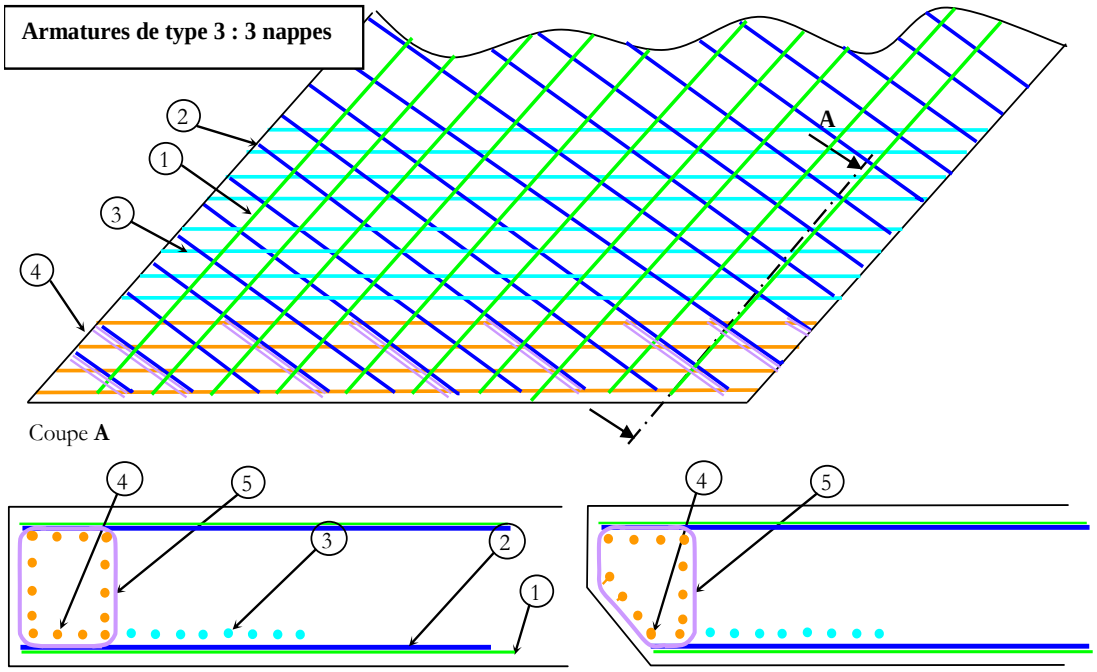
Coupe **A**

traverse

N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_ PEBL_INT	1		TRAV_GENE_TRA_ PEBL_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PABL_INT	2		TRAV_GENE_LON_PABL_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_INT	2		TRAV_BORLIB_LON_EXT	2
4	TRAV_POUBOR_LON_INT	2		TRAV_POUBOR_LON_EXT	2
5	TRAV_POUBOR_ACIS	1		TRAV_BORLIB_ACIS	1

Dalle

N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PEBL_INF	1		DAL _GENE_TRA_PEBL_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2		DAL _GENE_LON_PABL_SUP	2
3	DAL_BORLIB_LON_INF	2		DAL _BORLIB_LON_SUP	2
4	DAL _POUBOR_LON_INF	2		DAL_POUBOR_LON_SUP	2
5	DAL _POUBOR_ACIS	1		DAL_BORLIB_ACIS	1



traverse

N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_ PALA_INT	1		TRAV_GENE_TRA_ PALA_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PELA_INT	2		TRAV_GENE_LON_PELA_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_INT	3		TRAV_BORLIB_LON_EXT	3
4	TRAV_POUBOR_LON_INT	3		TRAV_POUBOR_LON_EXT	3
5	TRAV_POUBOR_ACIS	2		TRAV_BORLIB_ACIS	2

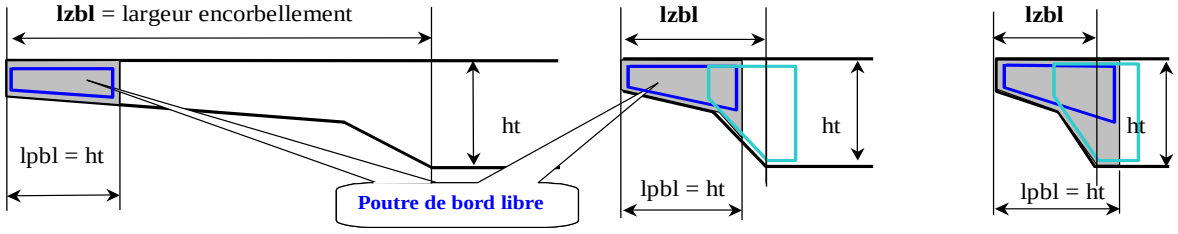
Dalle

N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1		DAL _GENE_TRA_PALA_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PELA_INF	2		DAL _GENE_LON_PELA_SUP	2
3	DAL_BORLIB_LON_INF	3		DAL _BORLIB_LON_SUP	3
4	DAL _POUBOR_LON_INF	3		DAL_POUBOR_LON_SUP	3
5	DAL _POUBOR_ACIS	2		DAL_BORLIB_ACIS	2

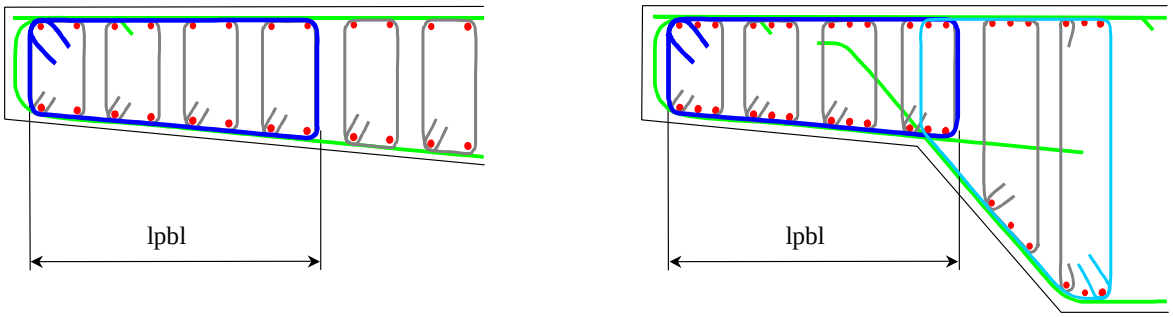
Les armatures de bord libre ne forment une troisième nappe que si les armatures longitudinales ne sont pas parallèles au bord libre. Les armatures non parallèles au bord libre doivent être ancrées au bord libre.

V.1.2 - Dalle avec encorbellement

Dans le cas d'une dalle avec encorbellement, la zone de bord libre est confondue avec la zone d'encorbellement. Par contre la poutre de bord libre est la zone dont la largeur est égale à une fois la hauteur de la nervure quelque soit la largeur de l'encorbellement.

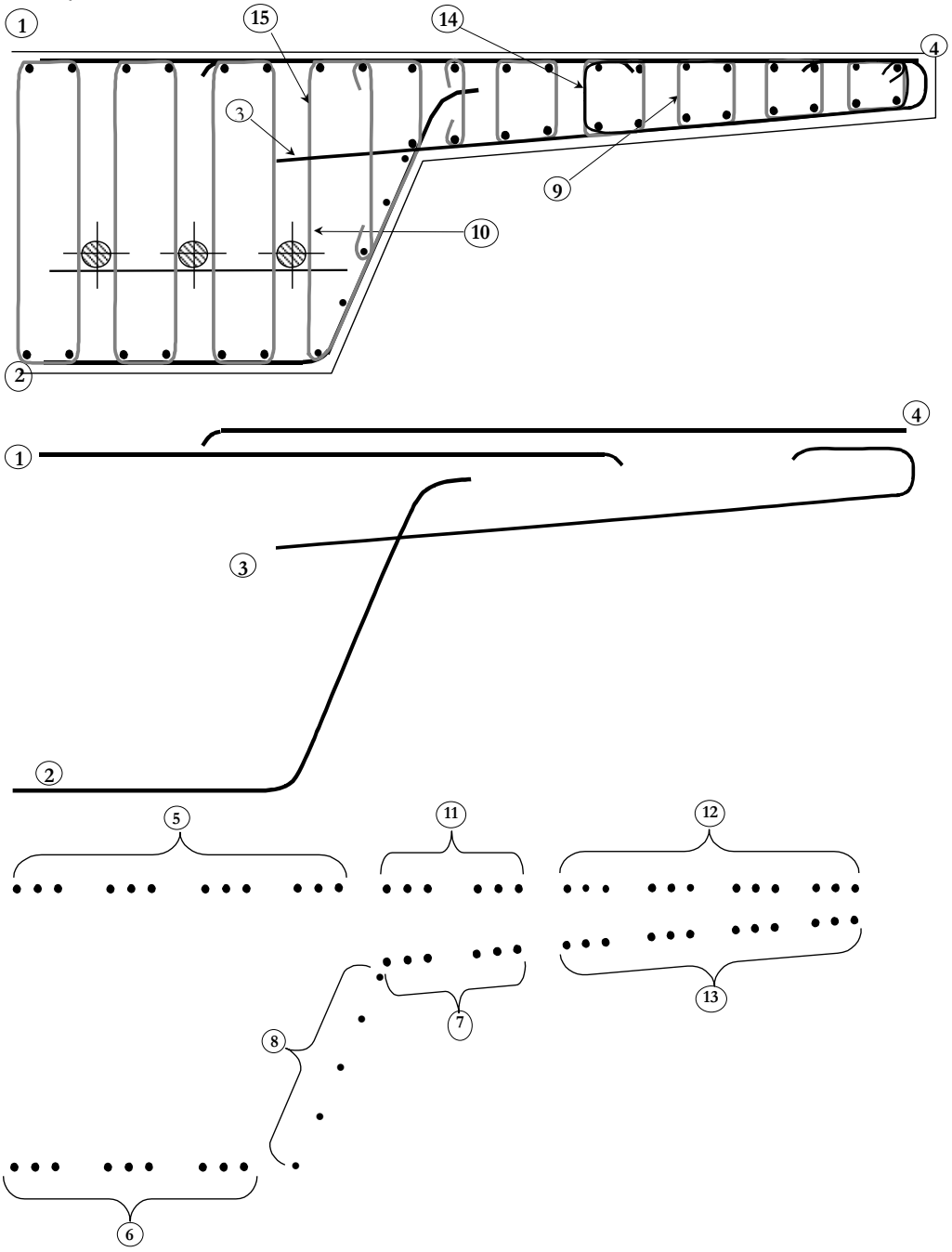


lzbl : largeur de zone de bord libre **lpbl** : largeur de la poutre de bord libre



V.2 - Encorbellement

Les encorbellements sont situés de chaque coté de la dalle. Ils ne sont pas pris en comptes dans la résistance générale de l'ouvrage. Les encorbellements supportent une part des charges d'exploitation ainsi que les trottoirs et les corniches.



N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_NER_TRA_PALA/PEBL_SUP	1	9	DAL_ENC_ACIS	1
2	DAL_NER_TRA_PALA/PEBL_INF	1	10	DAL_NER_ACIS	1
3	DAL_ENC_TRA_PALA/PEBL_INF	1	11	DAL_ENC_LON_SUP	2
4	DAL_ENC_TRA_PALA/PEBL_SUP	1	12	DAL_POUBOR_LON_SUP	2
5	DAL_NER_LON_SUP	2	13	DAL_POUBOR_LON_INF	2
6	DAL_NER_LON_INF	2	14	DAL_POUBOR_ACIS	1
7	DAL_ENC_LON_INF	2	15	DAL_PARL_ACIS	1
8	DAL_PARL_LON_INF	2			

V.3 - Chevêtre

On distingue les chevêtres sur pile et les chevêtres sur culée.

A1 : entraxe des appareils d'appuis
About : largeur biaise de l'about.

Sur ligne d'appui intermédiaire :
Le ferraillage de chevêtre d'une ligne d'appui intermédiaire est un complément d'acier des nappes transversales et longitudinales.
La largeur biaise de l'emprise du chevêtre est égale à (2/3) A1 /sin(Phi)

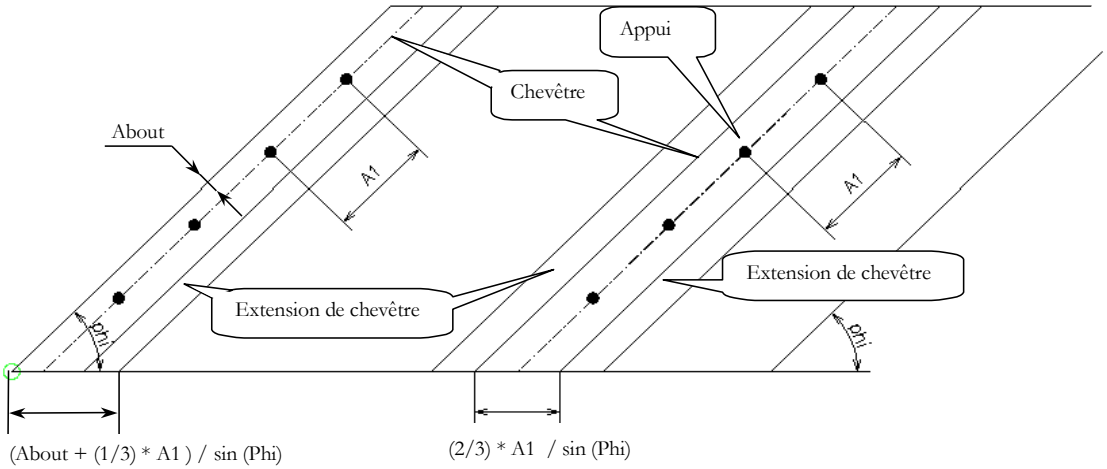
Sur ligne d'appui de rive :
Le ferraillage de chevêtre est parallèle à la ligne d'appui. Il est soit un complément d'acier de la nappe extérieure, parallèle à la ligne d'appui (type 2), soit un ajout d'une nappe intérieure parallèle à la ligne d'appui en troisième nappe.

La largeur biaise de l'emprise du chevêtre est égale à (about + (1/3) A1) /sin(Phi).

Les chevêtres se conçoivent uniquement pour les dalles (PSIDA et PSIDP).

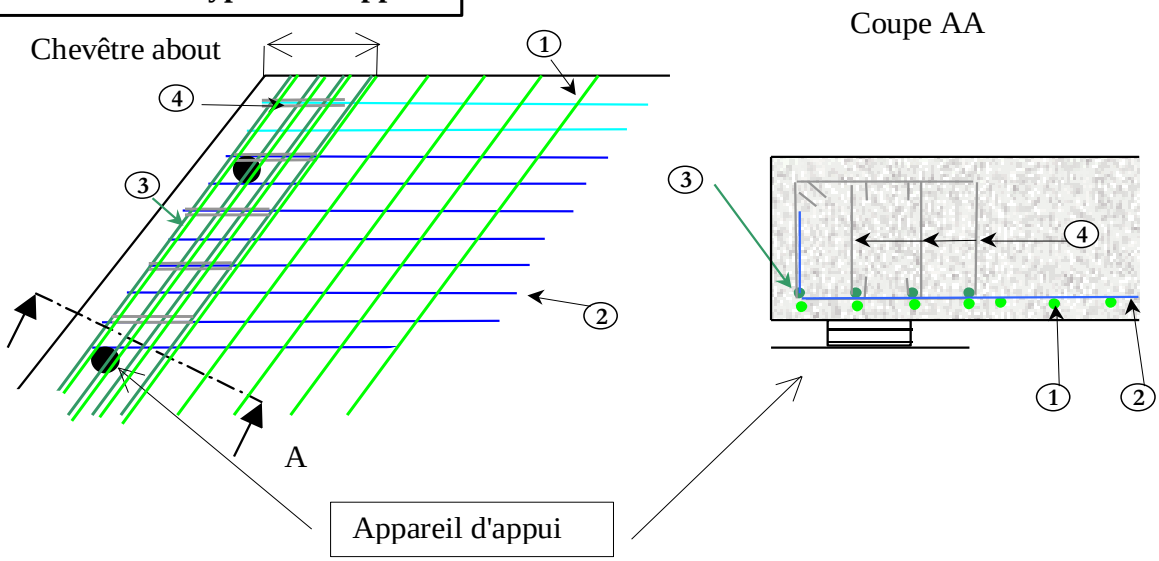
On distingue des aciers de renfort de flexion et de cisaillement.
Les aciers de renforts de flexion sont :
- situés en face supérieure et inférieure;
- placés selon une direction transversale (parallèle à la ligne d'appui).

Les aciers de renforts de cisaillement sont des cadres, des épingles ou des étriers. Les cadres sont placés parallèlement aux armatures longitudinales.



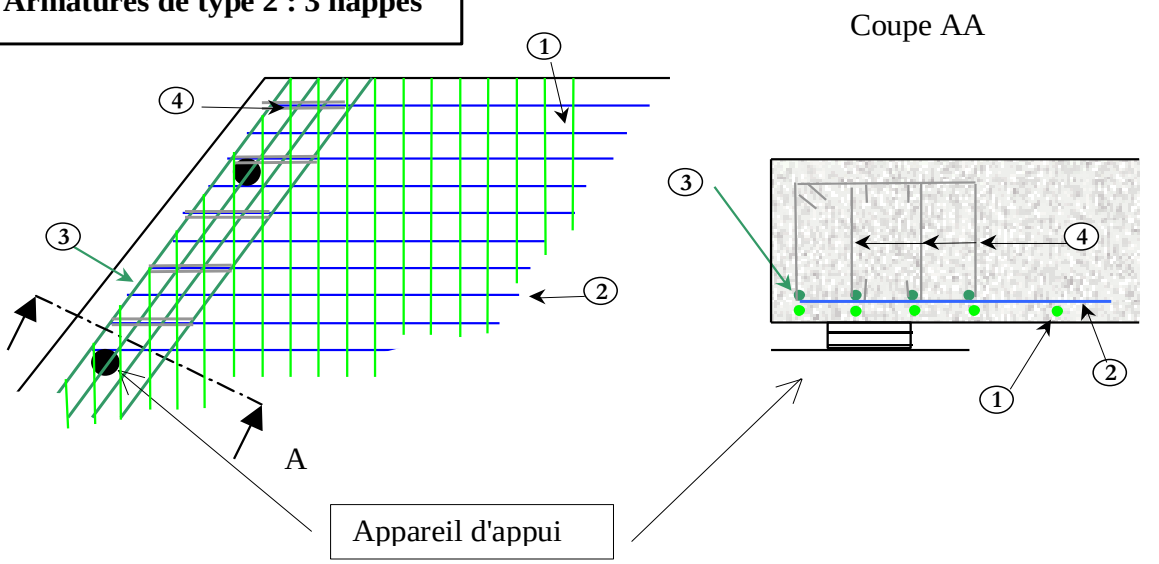
V.4 - chevêtre sur culée

Armatures de type 1 : 3 nappes



N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
3	DAL_CHEVA_TRA_PALA_INF	3
4	DAL_CHEVA_ACIS	2
	DAL_GENE_TRA_PALA_SUP	1
	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2
	DAL_CHEVA_TRA_PALA_SUP	3

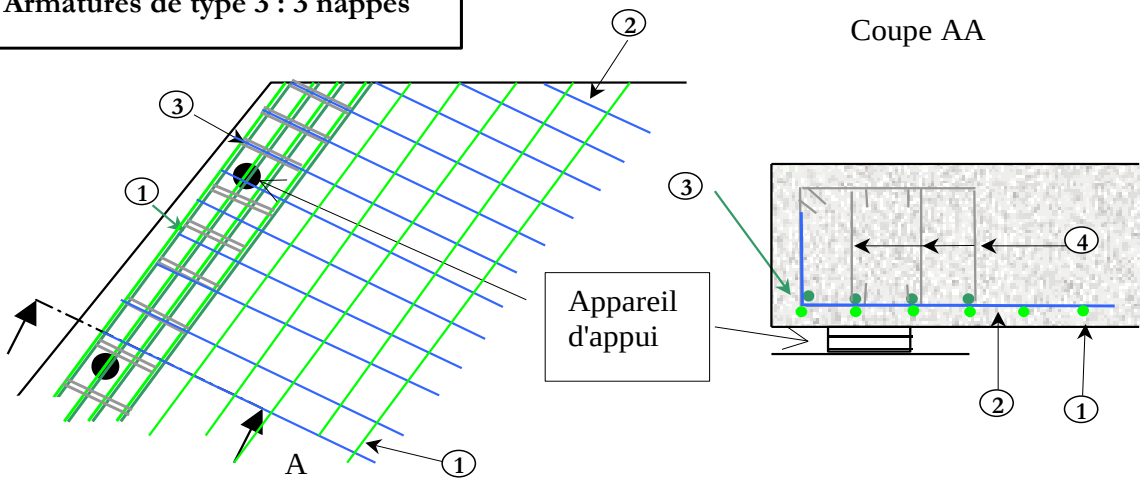
Armatures de type 2 : 3 nappes



N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PEBL_INF	1

2	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
3	DAL_CHEVA_TRA_PALA_INF	3
4	DAL_CHEVA_ACIS	2
	DAL_GENE_TRA_PEBL_SUP	1
	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2
	DAL_CHEVA_TRA_PALA_SUP	3

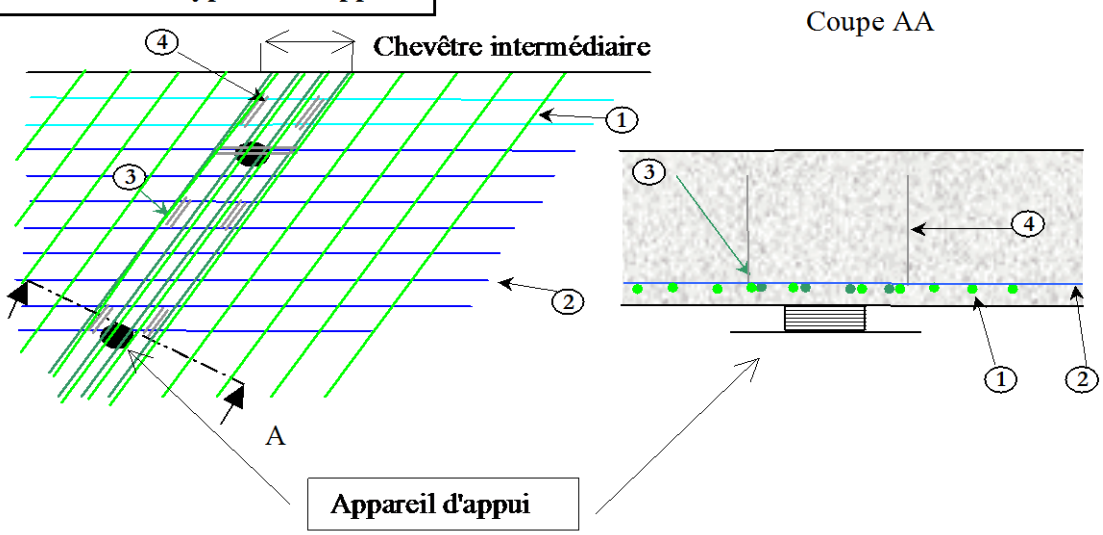
Armatures de type 3 : 3 nappes



N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1
2	DAL_GENE_LON_PELA_INF	2
3	DAL_CHEVA_TRA_PALA_INF	3
4	DAL_CHEVA_ACIS	2
	DAL_GENE_TRA_PALA_SUP	1
	DAL_GENE_LON_PELA_SUP	2
	DAL_CHEVA_TRA_PALA_SUP	3

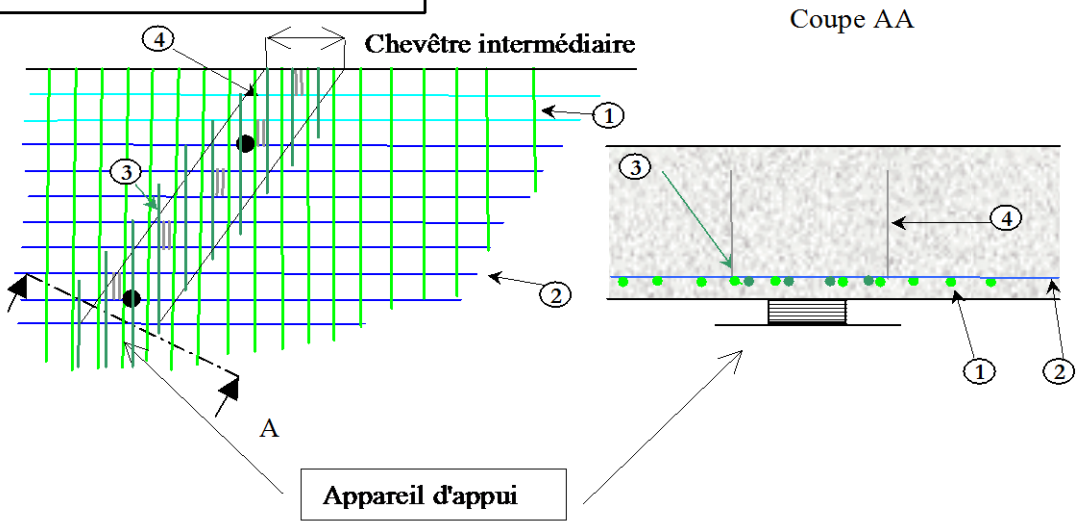
V.5 - chevêtre sur pile

Armatures de type 1 : 2 nappes



N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
3	DAL_CHEVI_TRA_PALA_INF	1
4	DAL_CHEVI_ACIS	1
	DAL_GENE_TRA_PALA_SUP	1
	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2
	DAL_CHEVI_TRA_PALA_SUP	1

Armatures de type 2 : 2 nappes



N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PEBL_INF	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
3	DAL_CHEVI_TRA_PEBL_INF	1
4	DAL_CHEVI_ACIS	1
	DAL_GENE_TRA_PEBL_SUP	1
	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2

	DAL_CHEVI_TRA_PEBL_SUP	1

V.6 - Angles obtus

Pour les ouvrages biais, un renforcement des angles obtus est nécessaire aussi bien pour les dalles (PSIDA et PSIDP) que pour les traverses (PIPO et PICF).

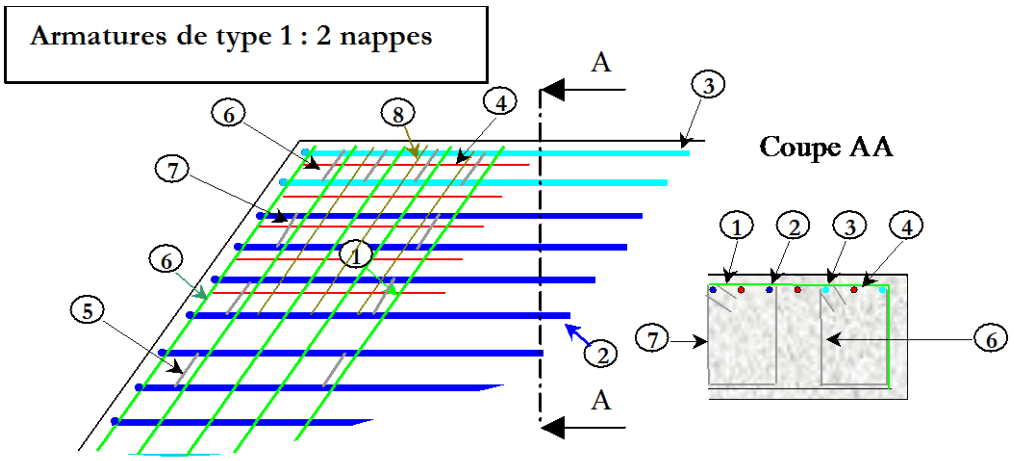
On distingue des aciers de renfort de flexion et de cisaillement.

Les aciers de renforts de flexion sont :
- situés en face supérieure et inférieure pour les dalles et en face extérieure seulement pour les traverses;
- placés selon une direction longitudinale (parallèle aux bords libres) et une direction transversale (parallèle aux aciers transversaux).

Les aciers de renforts de cisaillement sont des cadres, des épingles ou des étriers. Les cadres sont placés parallèlement aux armatures transversales.

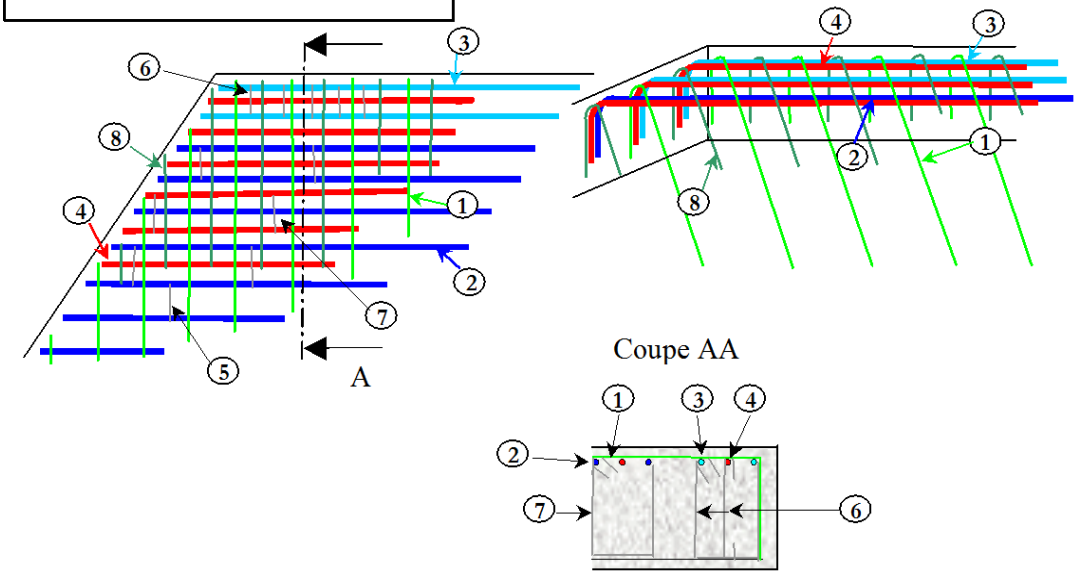
V.6.1 - Dalles

La zone de renfort d'angle obtus a pour longueur le une fois et demi la largeur de l'encorbellement et pour largeur la largeur de l'encorbellement..



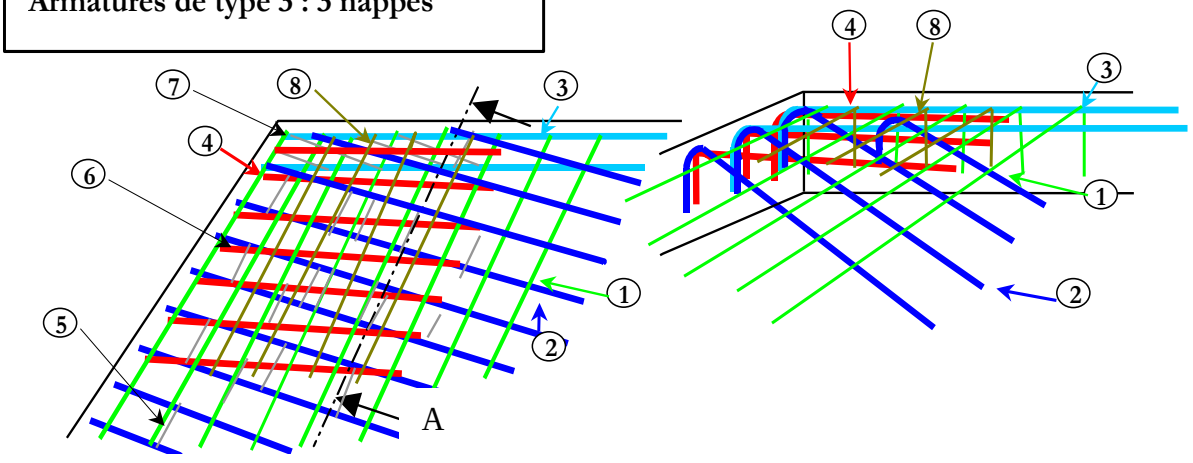
N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2
3	DAL_ BORLIB_LON_ SUP	2
4	DAL_ ANGO_LON_PABL_ SUP	2
5	DAL_GENE_ACIS	1
6	DAL_BORLIB_ACIS	1
7	DAL_ANGO_ACIS	1
8	DAL_ANGO_TRA_PALA_SUP	1
	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1
	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
	DAL_ BORLIB_LON_ INF	2
	DAL_ ANGO_LON_PABL_ INF	2
	DAL_ANGO_TRA_PALA_INF	1

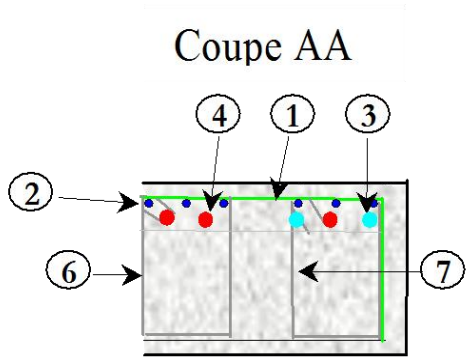
Armatures de type 2 : 2 nappes



N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PEBL_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2
3	DAL_ BORLIB _LON_ SUP	2
4	DAL_ANGO_LON_PABL_SUP	2
5	DAL_GENE_ACIS	1
6	DAL_BORLIB_ACIS	1
7	DAL_ANGO_ACIS	1
8	DAL_ANGO_TRA_PEBL_SUP	1
	DAL_GENE_TRA_PEBL_INF	1
	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
	DAL_ BORLIB _LON_ INF	2
	DAL_ANGO_LON_PABL_INF	2
	DAL_ANGO_TRA_PEBL_INF	1

Armatures de type 3 : 3 nappes



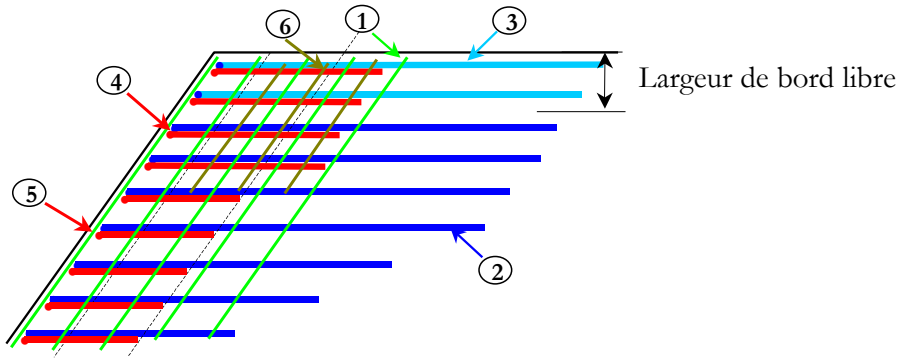


N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PELA_SUP	2
3	DAL_BORLIB_LON_SUP	3
4	DAL_ANGO_LON_PABL_SUP	3
5	DAL_GENE_ACIS	1
6	DAL_ANGO_ACIS	2
7	DAL_BORLIB_ACIS	2
8	DAL_ANGO_TRA_PALA_SUP	1
	DAL_GENE_TRA_PALA_ INF	1
	DAL_GENE_LON_PELA_INF	2
	DAL_BORLIB_LON_INF	3
	DAL_ANGO_LON_PABL_INF	3
	DAL_ANGO_TRA_PALA_ INF	1

V.6.2 - Portiques et cadres

La zone de renfort d'angle obtus a pour longueur le quart de la portée biaise et pour largeur MAX (5 fois épaisseur de la dalle , 1/8 de la largeur).

Armatures de type 1 : 2 nappes

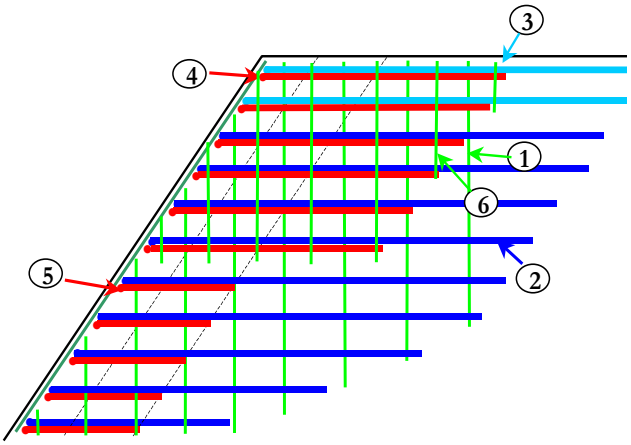


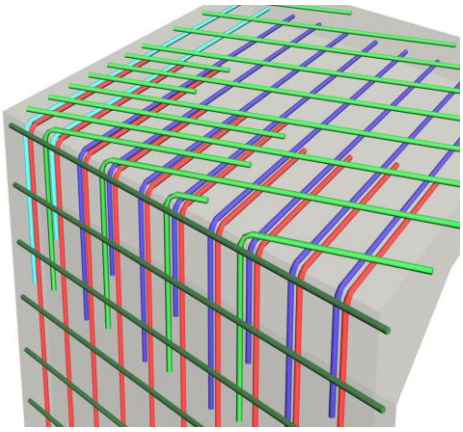
N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_PALA_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PABL_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_EXT	2
4	PIED_ANGO_LON_PABL_EXT	2
5	PIED_GENE_LON_PABL_EXT	2

Nota: Les aciers de cisaillement ont une nomenclature identique à ceux pour les dalles. Ainsi, ils ne sont pas représentés ci-dessus.

6	TRAV_ANGO_TRA_PALA_EXT	1
	TRAV_GENE_TRA_PALA_INT	1
	TRAV_GENE_LON_PABL_INT	2
	TRAV_BORLIB_LON_INT	2
	TRAV_GENE_ACIS	1
	TRAV_ANGO_ACIS	1
	TRAV_BORLIB_ACIS	1
	TRAV_ANGO_LON_PABL_INT	2

Armatures de **type 2 : 2 nappes**

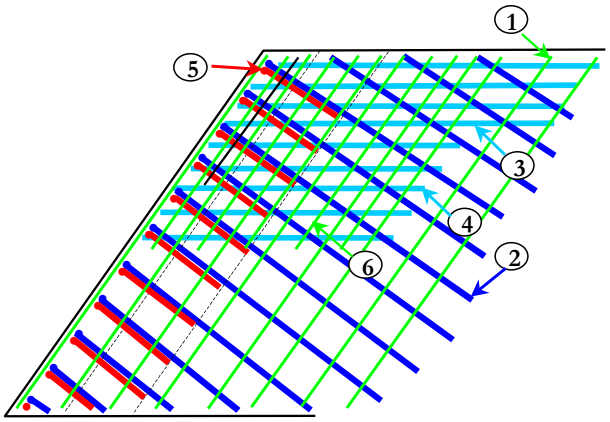


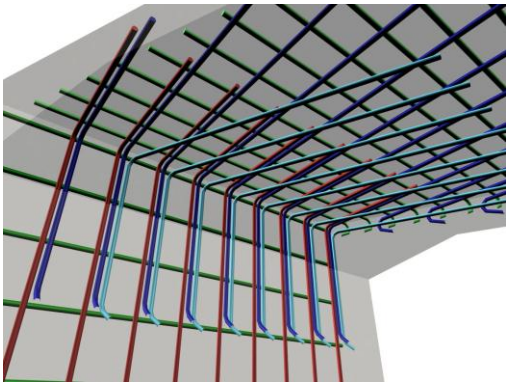


N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_PEBL_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PABL_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_EXT	2
4	PIED_ANGO_LON_ PABL _EXT	2
5	PIED_GENE_LON_PABL_EXT	2
6	TRAV_ANGO_TRA_PEBL_EXT	1
	TRAV_GENE_TRA_PEBL_INT	1
	TRAV_GENE_LON_PABL_INT	2
	TRAV_BORLIB_LON_INT	2
	TRAV_GENE_ACIS	1
	TRAV_ANGO_ACIS	1
	TRAV_BORLIB_ACIS	1
	TRAV_ANGO_LON_PABL_INT	2

Nota: Les aciers de cisaillement ont une nomenclature identique à ceux pour les dalles. Ainsi, ils ne sont pas représentés ci-dessus.

Armatures de type 3 : 3 nappes





N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_PALA_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PELA_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_EXT	3
4	PIED_ANGO_LON_ PABL _EXT	3
5	PIED_GENE_LON_PELA_EXT	2
6	TRAV_ANGO_TRA_PALA_EXT	1
	TRAV_GENE_TRA_PALA_INT	1
	TRAV_GENE_LON_PELA_INT	2
	TRAV_BORLIB_LON_INT	3
	TRAV_GENE_ACIS	1
	TRAV_ANGO_ACIS	2
	TRAV_BORLIB_ACIS	2
	TRAV_ANGO_LON_PABL_INT	3

Nota: Les aciers de cisaillement ont une nomenclature identique à ceux pour les dalles. Ainsi, ils ne sont pas représentés ci-dessus.

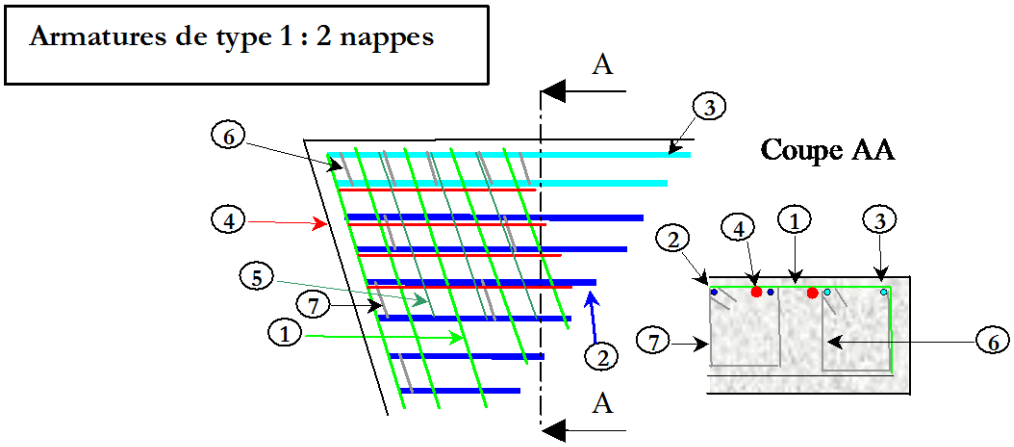
V.7 - Angles aigus

Pour les ouvrages biais, un renforcement des angles aigus est nécessaire aussi bien pour les dalles (PSIDA et PSIDP) que pour les traverses (PIPO et PICF).

On distingue des aciers de renfort de flexion qui sont :

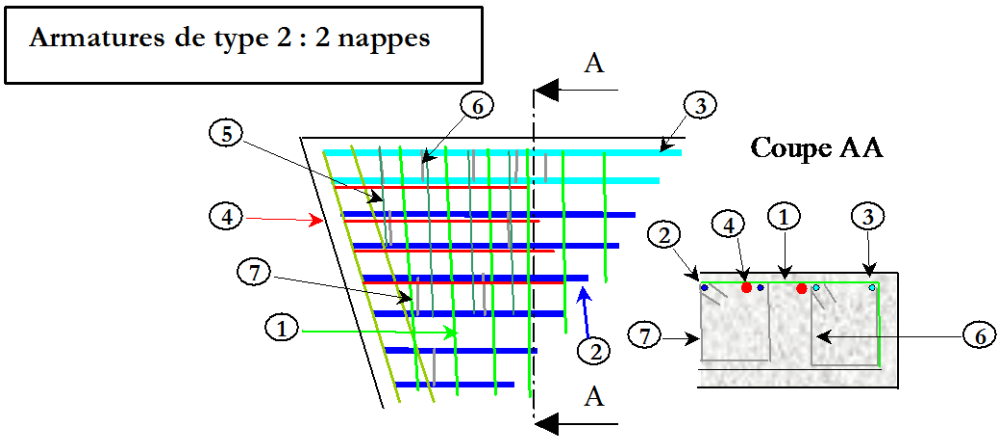
- situés en face supérieure et inférieure pour les dalles et en face extérieure seulement pour les traverses;
- placés selon une direction longitudinale (parallèle aux bords libres) et une direction transversale (parallèle aux aciers transversaux).

V.7.1 - Dalle



Dalles

N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2
3	DAL_BORLIB_LON_SUP	2
4	DAL_ANGA_LON_PABL_SUP	2
5	DAL_ANGA_TRA_PALA_SUP	1
6	DAL_BORLIB_ACIS	1
7	DAL_GENE_ACIS	1
	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1
	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
	DAL_BORLIB_LON_INF	2
	DAL_ANGA_LON_PABL_INF	2
	DAL_ANGA_TRA_PALA_INF	1
	DAL_ANGA_ACIS	1

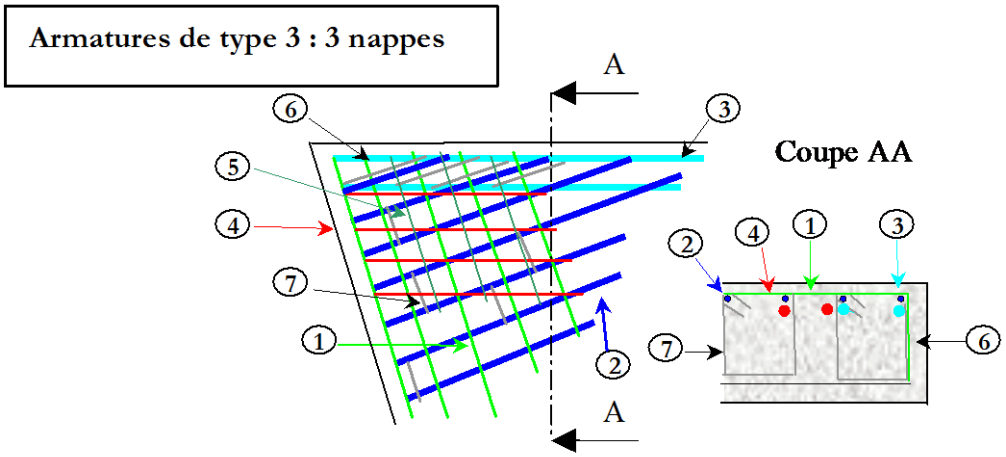


Dalles

N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PEBL_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PABL_SUP	2
3	DAL_BORLIB_LON_SUP	2
4	DAL_ANGA_LON_PABL_SUP	2
5	DAL_ANGA_TRA_PEBL_SUP	1
6	DAL_BORLIB_ACIS	1
7	DAL_GENE_ACIS	1
	DAL_GENE_TRA_PEBL_INF	1
	DAL_GENE_LON_PABL_INF	2
	DAL_BORLIB_LON_INF	2
	DAL_ANGA_LON_PABL_INF	2
	DAL_ANGA_TRA_PEBL_INF	1
	DAL_ANGA_ACIS	1

Portiques et cadres

N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_PEBL_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PABL_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_EXT	2
4	PIED_ANGA_LON_PABL_EXT	2
5	TRAV_ANGA_TRA_PEBL_EXT	1
6	TRAV_BORLIB_ACIS	1
7	TRAV_GENE_ACIS	1
	TRAV_GENE_TRA_PEBL_INT	1
	TRAV_GENE_LON_PABL_INT	2
	TRAV_BORLIB_LON_INT	2
	PIED_ANGA_LON_PABL_INT	2
	TRAV_ANGA_ACIS	1



Dalles

N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_GENE_TRA_PALA_SUP	1
2	DAL_GENE_LON_PELA_SUP	2
3	DAL_BORLIB_LON_SUP	3
4	DAL_ANGA_LON_PABL_SUP	3
5	DAL_ANGA_TRA_PALA_SUP	1
6	DAL_BORLIB_ACIS	2
7	DAL_GENE_ACIS	1
	DAL_GENE_TRA_PALA_INF	1
	DAL_GENE_LON_PELA_INF	2
	DAL_BORLIB_LON_INF	3
	DAL_ANGA_LON_PABL_INF	3
	DAL_ANGA_ACIS	2

Portiques et cadres

N°	Nomenclature	Nappe
1	TRAV_GENE_TRA_PALA_EXT	1
2	TRAV_GENE_LON_PELA_EXT	2
3	TRAV_BORLIB_LON_EXT	3
4	PIED_ANGA_LON_PABL_EXT	3
5	TRAV_ANGA_TRA_PALA_EXT	1
6	TRAV_BORLIB_ACIS	2
7	TRAV_GENE_ACIS	1
	TRAV_GENE_TRA_PALA_INT	1
	TRAV_GENE_LON_PELA_INT	2
	TRAV_BORLIB_LON_INT	3
	PIED_ANGA_LON_PABL_INT	3
	TRAV_ANGA_ACIS	2

V.8 - Gousset

Le gousset est spécifique de la liaison traverse piédroit ou radier piédroit. Voir plus bas.

V.9 - Reprise de bétonnage

Les zones de reprise de bétonnage nécessitent un renfort des armatures transversales.

V.10 - Accrochage de pieu

Dans les zones d'accrochage des pieux sur les semelles les armatures inférieures transversales et longitudinales sont renforcées.

V.11 - Parement latéral

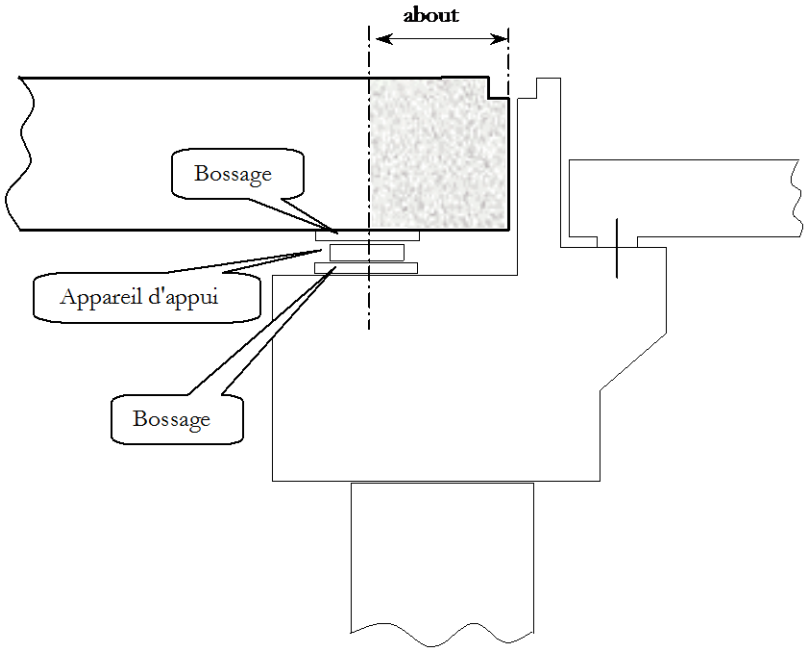
Les parements latéraux sont les parties latérales des semelles et des nervures de dalles à larges encorbellements).

V.12 - Zone de poinçonnement

Les zones de poinçonnement sont situées à l'aplomb des appareils d'appui. Le renforcement de ces zones nécessite la connaissance de la géométrie des dispositifs d'appui.
ADPT

V.13 - About

L'about est la partie du tablier délimitée par l'axe de la ligne d'appui de rive et la face d'about.

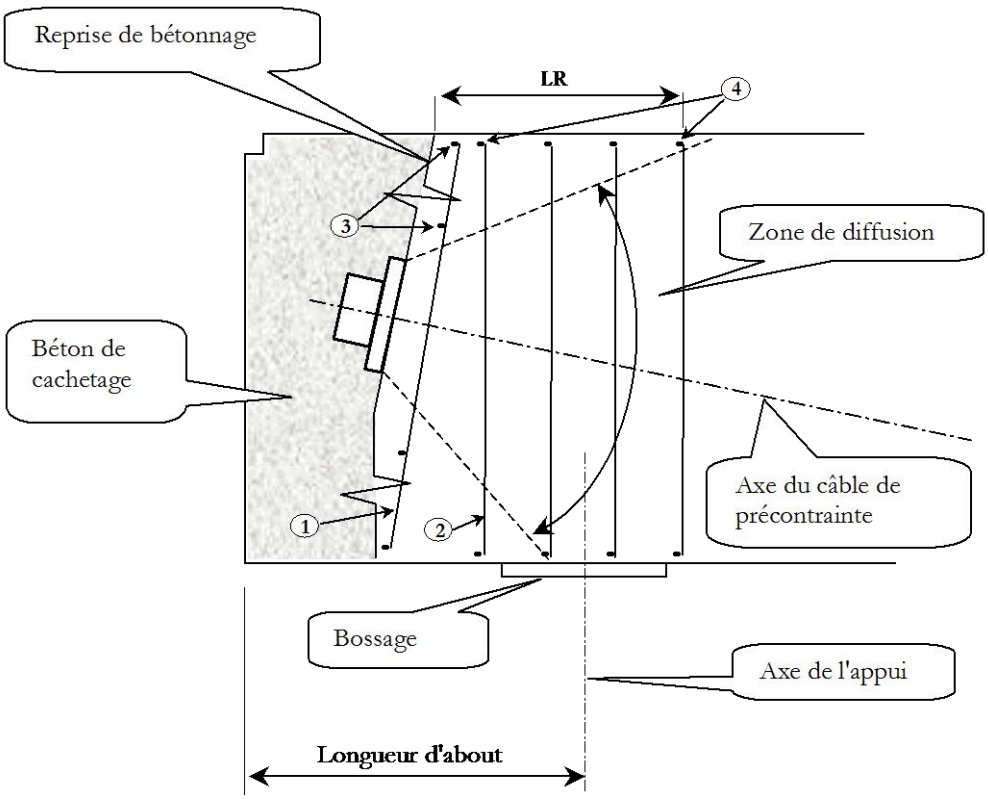


La longueur d'about doit permettre un ancrage suffisant des armatures passives de la face inférieure. Ces armatures doivent permettre de reprendre l'effort tranchant au niveau de l'appui ainsi que l'équilibre du coin inférieur.

La longueur d'about peut en pratique être prise au moins égale à :
0.1 + 15 D.
Phi : biais géométrique
D : diamètre du plus gros fer ancré par courbure au delà de la ligne d'appui.

V.14 - Ancrage de précontrainte

Pour les PSIDP un ferraillage de diffusion de la précontrainte est à mettre en place autour de l'ancrage des câbles.



La longueur d'about peut en pratique être prise au moins égale à :

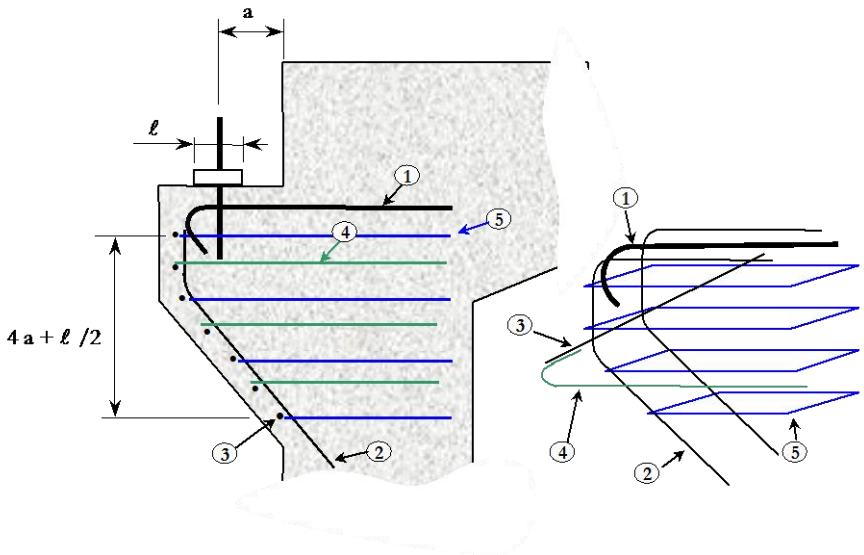
0.5 (1 + |cotg phi|).
LR : distance de répartition (calculé)

N°	Nomenclature	Nappe
1	DAL_ABOUT_DIFSURF_VERT	
2	DAL_ABOUT_DIFECLA_VERT	
3	DAL_ABOUT_DIFSURF_PALA	
4	DAL_ABOUT_DIFECLA_PALA	

V.15 - Détails de ferraillage des liaisons

V.15.1 - Corbeau

Lorsqu'une dalle de continuité est prévue, un corbeau en assure l'appui sur le piédroit.

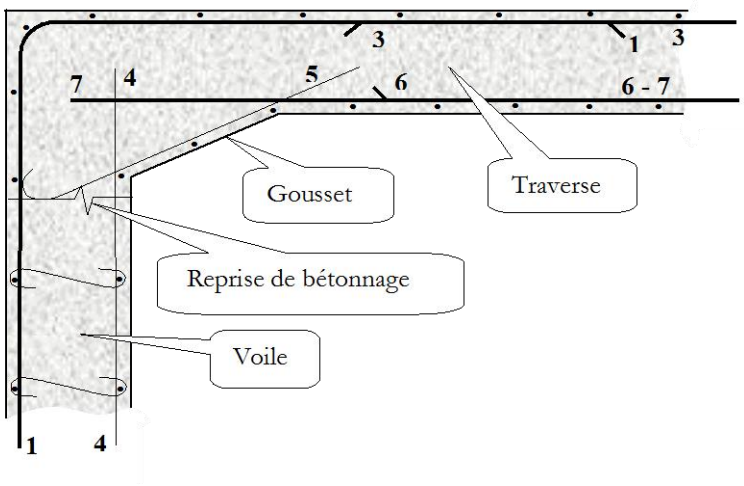


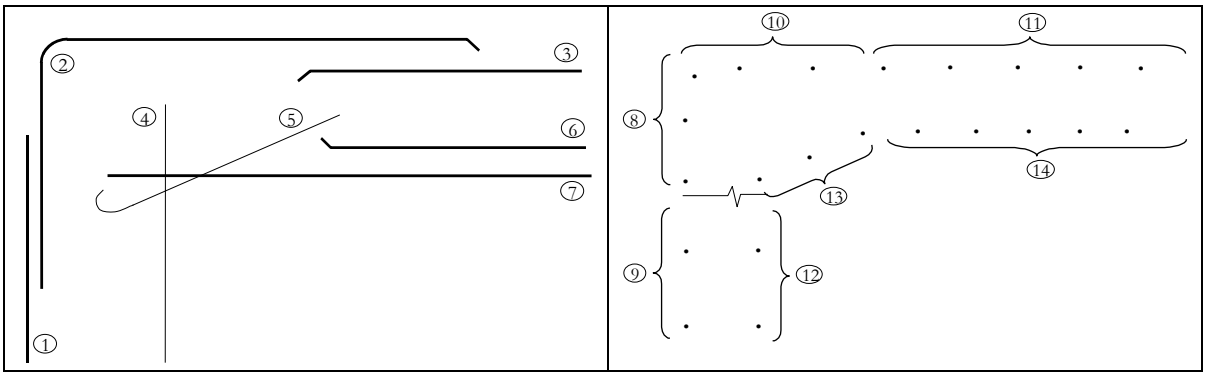
N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_CORB_LON	1
2	PIED_CORB_VERT	2
3	PIED_CORB_TRA	1
4	PIED_CORB_PARL	1
5	PIED_CORB_ACIS	x

V.15.2 - Encastrements

V.15.3 - Liaison traverse piédroit

La liaison du piédroit avec la traverse supérieure est un encastrement qui permet de soulager les moments positifs à mi travée.

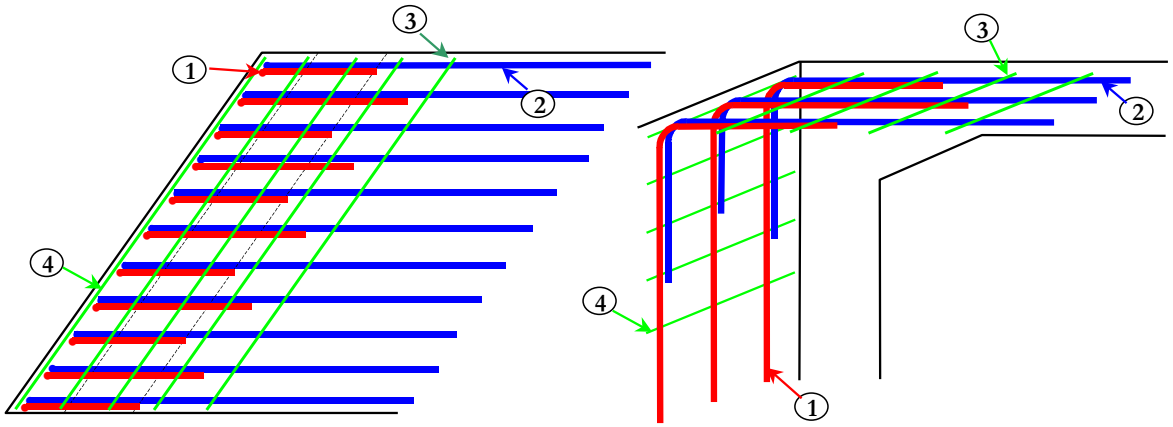




N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_GENE_LON_EXT	2
2	PIED_GENE_LON_PABL/PELA_EXT	2
3	TRAV_GENE_LON_PABL/PELA_EXT	2
4	PIED_GOUSSUP_LON_INT	2
5	TRAV_GOUSSUP_LON_INT	2
6 *	TRAV_GENE_LON_PABL/PELA_INT	2
7 *	TRAV_GENE_LON_PABL/PELA INT	2
8	PIED_GOUSSUP_TRA_EXT	1
9	PIED_GENE_TRA_EXT	1
10	TRAV_GENE_TRA_PALA/PEBL_EXT	1
11	TRAV_GENE_TRA_PALA/PEBL_EXT	1
12	PIED_GENE_TRA_INT	1
13	PIED_GOUSSUP_TRA_INT	1
14	TRAV_GENE_TRA_INT	1

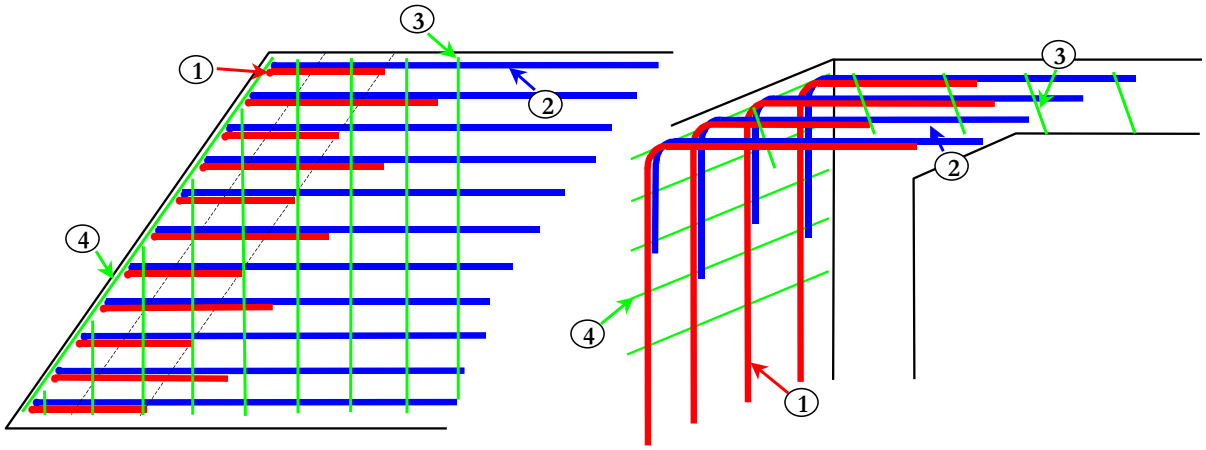
* les aciers 6 et 7 sont alternés dans la largeur de l'ouvrage

Armatures de type 1



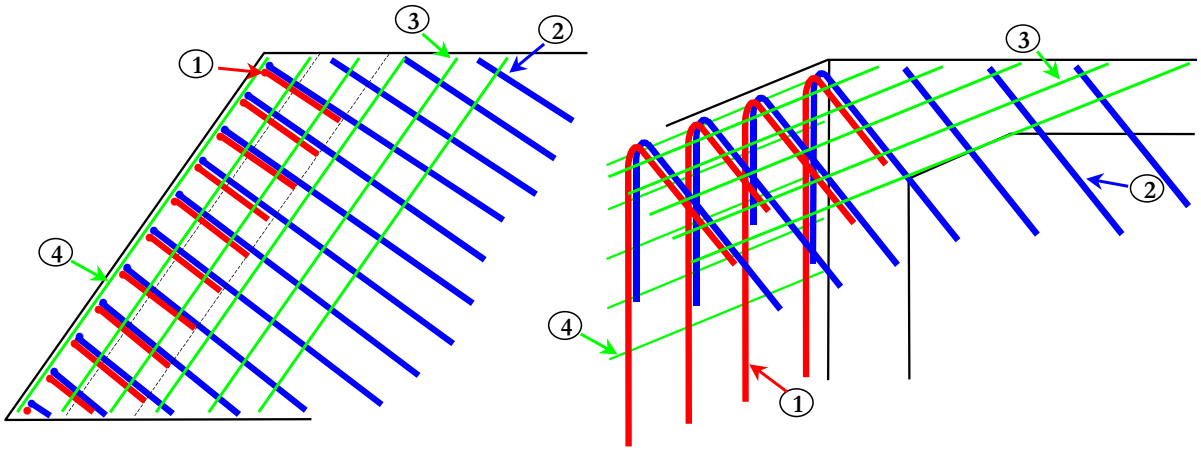
N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_GENE_LON_PABL_EXT	2
2	TRAV_GENE_LON_PABL_EXT	2
3	TRAV_GENE_TRA_PALA_EXT	1
4	PIED_GENE_TRA_EXT	1

Armatures de type 2



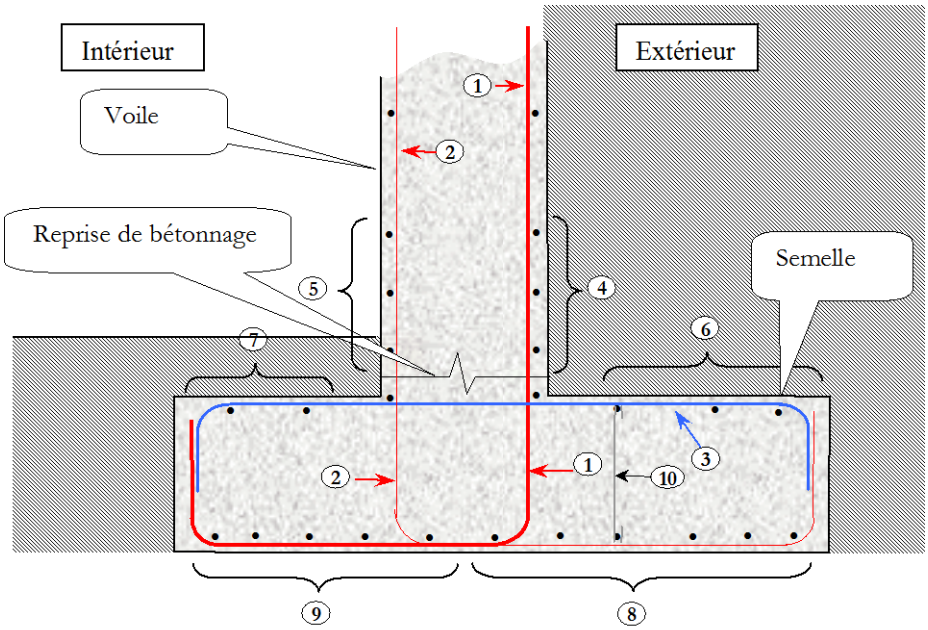
N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_GENE_LON_PABL_EXT	2
2	TRAV_GENE_LON_PABL_EXT	2
3	TRAV_GENE_TRA_PEBL_EXT	1
4	PIED_GENE_TRA_EXT	1

Armatures de type 3



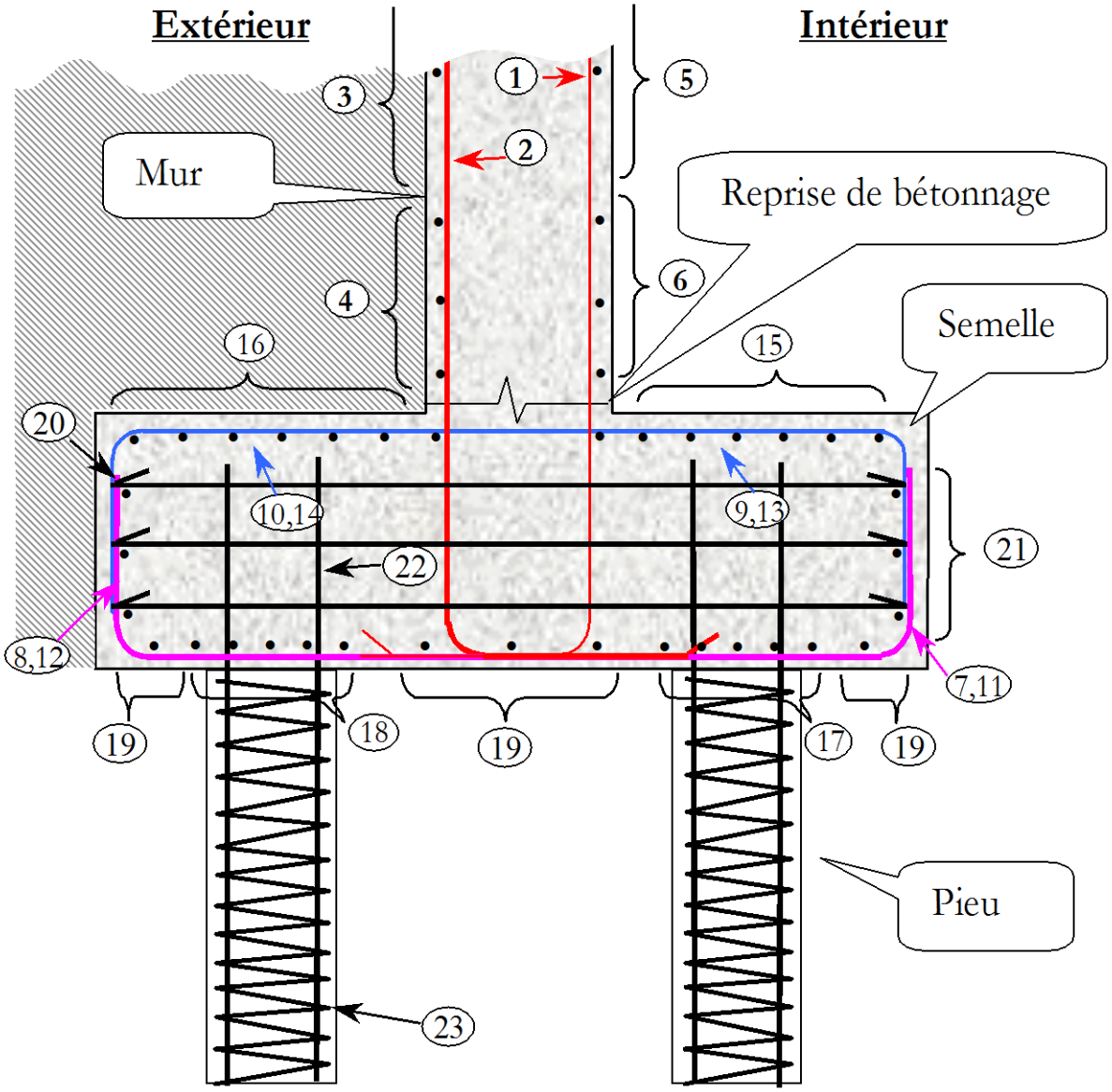
N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_GENE_LON_PELA_EXT	2
2	TRAV_GENE_LON_PELA_EXT	2
3	TRAV_GENE_TRA_PALA_EXT	1
4	PIED_GENE_TRA_EXT	1

V.15.4 - Liaison piédroit semelle

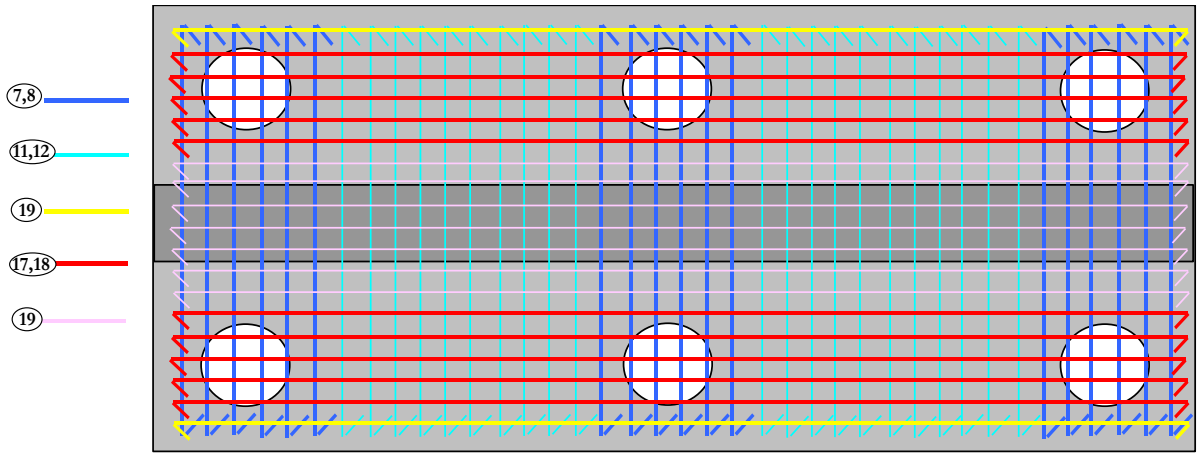


N°	Nomenclature	Nappe
1	SEM_GENE_LON_INT_INF	1
2	SEM_GENE_LON_EXT_INF	1
3	SEM_GENE_LON_SUP	1
4	PIED_REPBINF_TRA_EXT	1
5	PIED_REPBINF_TRA_INT	1
6	SEM_GENE_TRA_EXT_SUP	2
7	SEM_GENE_TRA_INT_SUP	2
8	SEM_GENE_TRA_EXT_INF	2
9	SEM_GENE_TRA_INT_INF	2
10	SEM_GENE_ACIS	1

V.15.5 - Liaison semelle piédroit avec deux files de pieux

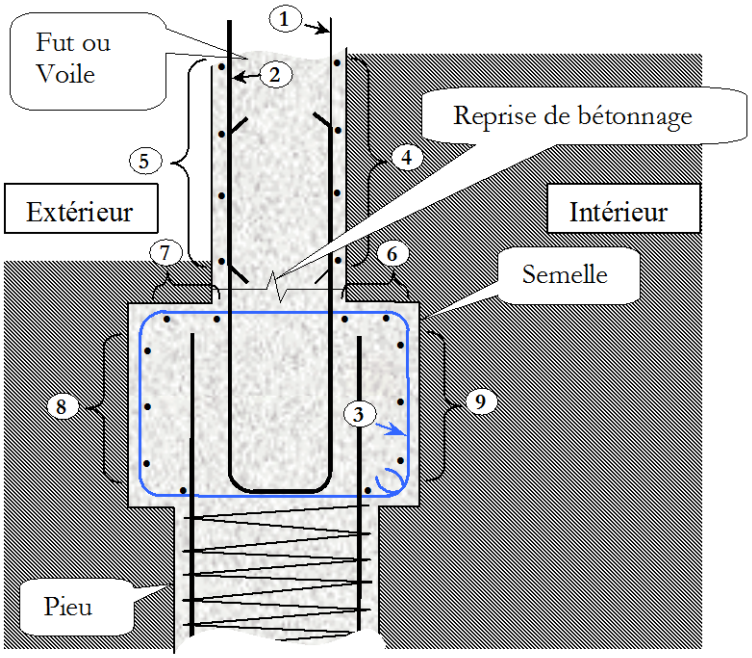


N°	Nomenclature	Nappe	N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_GENE_LON_INT	2	13	SEM_GENE_LON_INT_SUP	1
2	PIED_GENE_LON_EXT	2	14	SEM_GENE_LON_EXT_SUP	1
3	PIED_GENE_TRA_EXT	1	15	SEM_GENE_TRA_INT_SUP	2
4	PIED_REPBINF_TRA_EXT	1	16	SEM_GENE_TRA_EXT_SUP	2
5	PIED_GENE_TRA_INT	1	17	SEM_PIEU_TRA_INT_INF	2
6	PIED_REPBINF_TRA_INT	1	18	SEM_PIEU_TRA_EXT_INF	2
7	SEM_PIEU_LON_INT_INF	1	19	SEM_GENE_TRA_INF	2
8	SEM_PIEU_LON_EXT_INF	1	20	SEM_PARV_LON	2
9	SEM_PIEU_LON_INT_SUP	1	21	SEM_PARV_TRA	2
10	SEM_PIEU_LON_EXT_SUP	1	22	PIEU_GENE_LON	2
11	SEM_GENE_LON_INT_INF	1	23	PIEU_GENE_ACIS	1
12	SEM_GENE_LON_EXT_INF	1			



V.15.6 - Liaison semelle avec une file de pieux

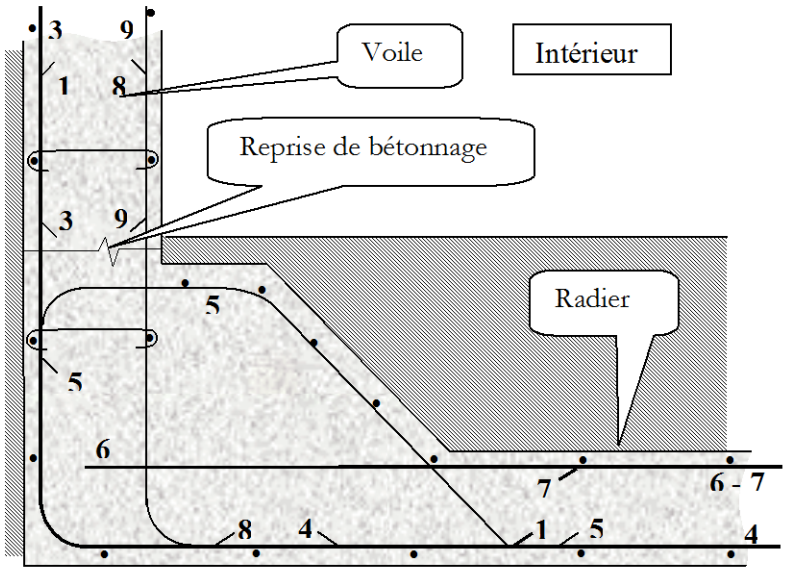
Pour des fondations profondes la semelle est ancrée sur des pieux. La liaison semelle pieux impose un ferraillage spécifique.

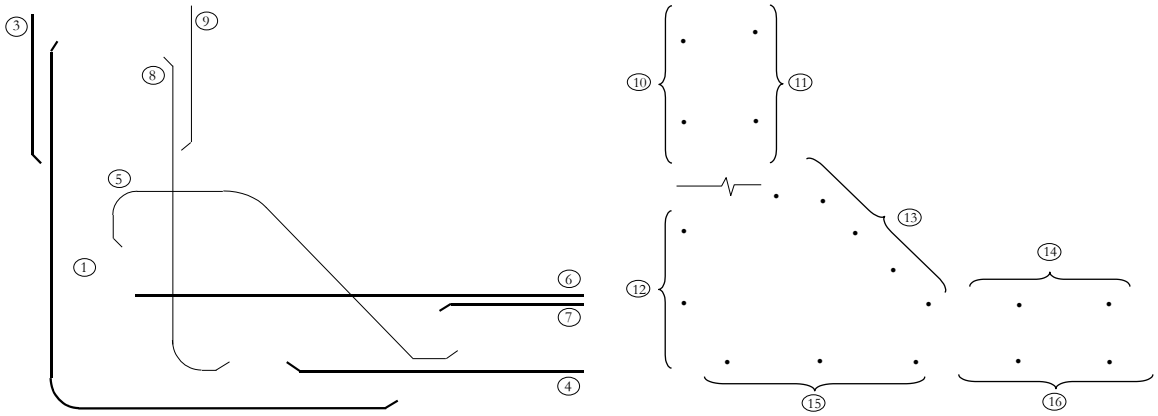


N°	Nomenclature	Nappe
1	PIED_GENE_LON_INT	2
2	PIED_GENE_LON_EXT	2
3	SEM_GENE_ACIS	1
4	PIED_REPBINF_TRA_INT	1
5	PIED_REPBINF_TRA_EXT	1
6	SEM_GENE_TRA_INT_SUP	2
7	SEM_GENE_TRA_EXT_SUP	2
8	SEM_PARL_TRA_EXT	2
9	SEM_PARL_TRA_INT	2

V.15.7 - Liaison piédroit radier

Pour un cadre le piédroit est encastré sur le radier (traverse inférieure).





N°	Nomenclature	Nappe
1	RAD_GOUSINF_LON_PABL_EXT	2
3	PIED_GENE_LON_EXT	2
4	RAD_GENE_LON_PABL_EXT	2
5	RAD_GOUSINF_LON_PABL_INT	2
6 (*)	RAD_GENE_LON_PABL_INT	2
7 (*)	RAD_GENE_LON_PABL_INT	2
8	PIED_GOUSINF_LON_INT	2
9	PIED_GENE_LON_INT	2
10	PIED_REPBINF_TRA_EXT	1
11	PIED_REPBINF_TRA_INT	1
12	PIED_GOUSINF_TRA_EXT	1
13	PIED_GOUSINF_TRA_INT	1
14	RAD_GENE_TRA_PALA_INT	1
15	RAD_GOUSINF_TRA_PALA_EXT_(G/D)	1
16	RAD_GENE_TRA_PALA_EXT	1

(*) les armatures 6 et 7 sont alternées

Chapitre VI - Récapitulatif des armatures

	Partie d'ouvrage	Zone	Type	Direction	Face	Nappe
1	BAR	GENE	ACIS			1
2	BAR	GENE	LON			2
3	BAR	PARL				2
8	DAL	ABOUT	DIFECLA	PALA		
9	DAL	ABOUT	DIFECLA	VERT		
10	DAL	ABOUT	DIFSURF	PALA		
11	DAL	ABOUT	DIFSURF	VERT		
158	DAL	ANGA	ACIS			1
159	DAL	ANGA	ACIS			2
12	DAL	ANGA	LON	PABL	INF	3
13	DAL	ANGA	LON	PABL	INF	2
14	DAL	ANGA	LON	PABL	SUP	3
15	DAL	ANGA	LON	PABL	SUP	2
16	DAL	ANGA	TRA	PALA	INF	1
17	DAL	ANGA	TRA	PALA	SUP	1
18	DAL	ANGA	TRA	PEBL	INF	1
19	DAL	ANGA	TRA	PEBL	SUP	1
20	DAL	ANGO	ACIS			1
160	DAL	ANGO	ACIS			2
21	DAL	ANGO	LON	PABL	INF	3
22	DAL	ANGO	LON	PABL	INF	2
23	DAL	ANGO	LON	PABL	SUP	3
24	DAL	ANGO	LON	PABL	SUP	2
25	DAL	ANGO	TRA	PALA	INF	1
26	DAL	ANGO	TRA	PALA	SUP	1
27	DAL	ANGO	TRA	PEBL	INF	1
28	DAL	ANGO	TRA	PEBL	SUP	1
29	DAL	POUBOR	ACIS			2
30	DAL	POUBOR	ACIS			1
166	DAL	BORLIB	ACIS			1
167	DAL	BORLIB	ACIS			2
32	DAL	BORLIB	LON		INF	3
33	DAL	BORLIB	LON		INF	2
34	DAL	BORLIB	LON		SUP	3
35	DAL	BORLIB	LON		SUP	2
36	DAL	CHEVA	ACIS			2
37	DAL	CHEVA	TRA	PALA	INF	3
38	DAL	CHEVA	TRA	PALA	SUP	3
170	DAL	CHEVI	ACIS			1
171	DAL	CHEVI	TRA	PALA	INF	1
172	DAL	CHEVI	TRA	PALA	SUP	1
173	DAL	CHEVI	TRA	PEBL	INF	1
174	DAL	CHEVI	TRA	PEBL	SUP	1
39	DAL	ENC	ACIS			1
40	DAL	ENC	LON		INF	2
7	DAL	ENC	LON		SUP	2
41	DAL	ENC	TRA	PALA	INF	1
42	DAL	ENC	TRA	PALA	SUP	1
145	DAL	ENC	TRA	PEBL	INF	1
146	DAL	ENC	TRA	PEBL	SUP	1
43	DAL	GENE	ACIS			1
44	DAL	GENE	LON	PABL	INF	2

45	DAL	GENE	LON	PABL	SUP	2
46	DAL	GENE	LON	PELA	INF	2
47	DAL	GENE	LON	PELA	SUP	2
48	DAL	GENE	TRA	PALA	INF	1
49	DAL	GENE	TRA	PALA	SUP	1
50	DAL	GENE	TRA	PEBL	INF	1
51	DAL	GENE	TRA	PEBL	SUP	1
52	DAL	NER	ACIS			1
53	DAL	NER	LON		INF	2
54	DAL	NER	LON		SUP	2
55	DAL	NER	TRA	PALA	INF	1
56	DAL	NER	TRA	PALA	SUP	1
143	DAL	NER	TRA	PEBL	INF	1
144	DAL	NER	TRA	PEBL	SUP	1
57	DAL	PARL	LON		INF	2
147	DAL	POUBOR	LON		INF	2
148	DAL	POUBOR	LON		SUP	2
153	DAL	POUBOR	LON		INF	3
154	DAL	POUBOR	LON		SUP	3
58	DDT	ABOUT	ACIS			1
59	DDT	GENE	ACIS			2
60	DDT	GENE	LON	PABL	INF	3
61	DDT	GENE	LON	PABL	SUP	3
62	DDT	GENE	TRA	PALA	INF	2
63	DDT	GENE	TRA	PALA	SUP	2
67	PIED	ANGA	LON	PABL	EXT	3
68	PIED	ANGA	LON	PABL	EXT	2
69	PIED	ANGO	LON	PABL	EXT	3
70	PIED	ANGO	LON	PABL	EXT	2
155	PIED	CORB	ACIS			x
64	PIED	CORB	PARL			
65	PIED	CORB	TRA			1
66	PIED	CORB	VERT			2
71	PIED	CORB	LON			1
72	PIED	GENE	ACIS			1
73	PIED	GENE	LON		EXT	2
74	PIED	GENE	LON		INT	2
75	PIED	GENE	LON	PABL	EXT	2
76	PIED	GENE	LON	PELA	EXT	2
77	PIED	GENE	TRA		EXT	1
78	PIED	GENE	TRA		INT	1
80	PIED	GOUSINF	LON		INT	2
81	PIED	GOUSINF	TRA		EXT	1
82	PIED	GOUSINF	TRA		INT	1
83	PIED	GOUSSUP	LON		INT	2
84	PIED	GOUSSUP	TRA		EXT	1
85	PIED	GOUSSUP	TRA		INT	1
86	PIED	REPBINF	TRA		EXT	1
87	PIED	REPBINF	TRA		INT	1
88	PIEU	GENE	ACIS			1
89	PIEU	GENE	LON			2
90	RAD	GENE	ACIS			2
91	RAD	GENE	LON	PABL	EXT	2
92	RAD	GENE	LON	PABL	INT	2
93	RAD	GENE	TRA	PALA	EXT	1
94	RAD	GENE	TRA	PALA	INT	1
95	RAD	GOUSINF	LON	PABL	EXT	2
96	RAD	GOUSINF	LON	PABL	INT	2

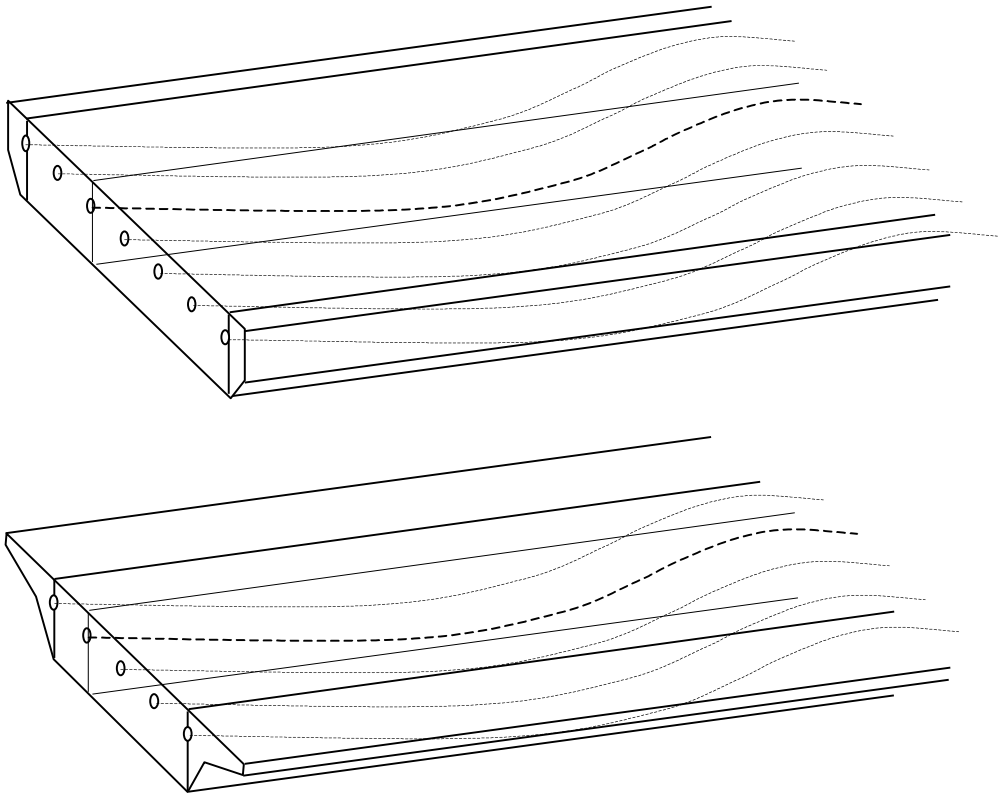
97	RAD	GOUSINF	TRA	PALA	EXT	1
98	SEM	GENE	ACIS			1
99	SEM	GENE	LON		EXT_INF	1
100	SEM	GENE	LON		EXT_SUP	1
101	SEM	GENE	LON		INT_INF	1
102	SEM	GENE	LON		INT_SUP	1
103	SEM	GENE	LON		SUP	1
104	SEM	GENE	TRA		EXT_INF	2
105	SEM	GENE	TRA		EXT_SUP	2
106	SEM	GENE	TRA		INF	2
107	SEM	GENE	TRA		INT_INF	2
108	SEM	GENE	TRA		INT_SUP	2
109	SEM	PARL	TRA		EXT	2
110	SEM	PARL	TRA		INT	2
111	SEM	PARV	LON			2
112	SEM	PARV	TRA			2
113	SEM	PIEU	LON		EXT_INF	1
114	SEM	PIEU	LON		EXT_SUP	1
115	SEM	PIEU	LON		INT_INF	1
116	SEM	PIEU	LON		INT_SUP	1
117	SEM	PIEU	TRA		EXT_INF	2
118	SEM	PIEU	TRA		INT_INF	2
161	TRAV	ANGA	ACIS			1
162	TRAV	ANGA	ACIS			2
156	TRAV	ANGA	LON	PABL	INT	2
157	TRAV	ANGA	LON	PABL	INT	3
119	TRAV	ANGA	TRA	PALA	EXT	1
120	TRAV	ANGA	TRA	PEBL	EXT	1
121	TRAV	ANGO	ACIS			1
163	TRAV	ANGO	ACIS			2
164	TRAV	ANGO	LON	PABL	INT	2
165	TRAV	ANGO	LON	PABL	INT	3
122	TRAV	ANGO	TRA	PALA	EXT	1
123	TRAV	ANGO	TRA	PEBL	EXT	1
124	TRAV	POUBOR	ACIS			1
125	TRAV	POUBOR	ACIS			2
168	TRAV	BORLIB	ACIS			1
169	TRAV	BORLIB	ACIS			2
126	TRAV	BORLIB	LON		EXT	3
127	TRAV	BORLIB	LON		EXT	2
128	TRAV	BORLIB	LON		INT	3
129	TRAV	BORLIB	LON		INT	2
130	TRAV	GENE	ACIS			1
133	TRAV	GENE	LON	PABL	EXT	2
134	TRAV	GENE	LON	PABL	INT	2
135	TRAV	GENE	LON	PELA	EXT	2
136	TRAV	GENE	LON	PELA	INT	2
138	TRAV	GENE	TRA	PALA	EXT	1
139	TRAV	GENE	TRA	PALA	INT	1
140	TRAV	GENE	TRA	PEBL	EXT	1
141	TRAV	GENE	TRA	PEBL	INT	1
142	TRAV	GOUSSUP	LON		INT	2
149	TRAV	POUBOR	LON		INT	2
150	TRAV	POUBOR	LON		EXT	2
151	TRAV	POUBOR	LON		INT	3
152	TRAV	POUBOR	LON		EXT	3
	Partie d'ouvrage	Zone	Type	Direction	Face	Nappe

Chapitre VII - Précontrainte longitudinale

Le tracé et la force de précontrainte sont soit déterminés par le calcul soit imposés par l'utilisateur et vérifiés par le programme.

Dans CHAMOA les câbles de précontrainte sont longitudinaux, parallèles au bord libre, continus d'un bout à l'autre de l'ouvrage.

Les câbles sont répartis transversalement dans la dalle ou dans la nervure de la dalle pour une dalle à encorbellements.



Chapitre VIII - Ponts dalles courbes

VIII.1 - Précontrainte

La précontrainte est toujours parallèle aux bords libres comme pour les ponts droits.

VIII.2 - Directions des armatures principales

Les armatures principales sont les armatures de flexion longitudinales et transversales. Leurs directions déterminent les dispositions constructives de l'ensemble du ferraillage.

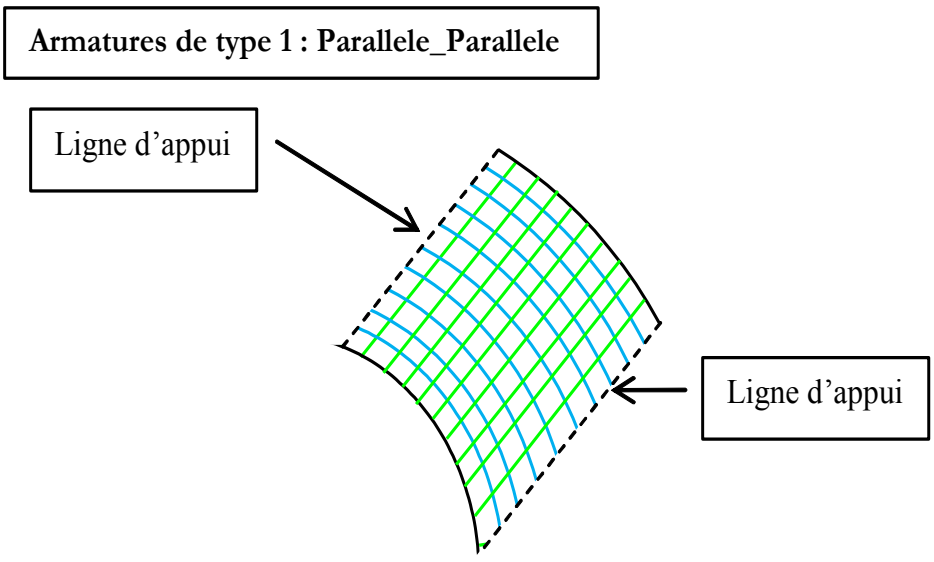
On distingue trois types de couples de directions. Ces directions sont choisies pour maximiser la résistance des aciers dans toutes les directions. Les aciers de renfort devront être adaptés au choix des directions des armatures principales.

- Type 1 : Parallele_Parallele, parallele au bord libre et à la première ligne d'appuis,
- Type 2 : Treillis_Bord encore désigné Parallele_perpendiculaire (au bord libre),
- Type 4 : Treillis_Quelconque (les directions sont définies par l'utilisateur).

Le type 3 (treillis_appui) est interdit pour les Psid dans Chamoa_3D.

Dans tous les cas de figures, les dispositions suivantes sont prises :

- Les chevêtres d'about sont parallèles à la ligne d'appui concernée,
- Les chevêtres intermédiaires ont les mêmes directions qu'en zone courante,
- Les angles obtus et aigus ont les mêmes directions qu'en zone courante,
- Les zones de bord libre ont les mêmes directions qu'en zone courante,
- La poutre de bord libre est parallèle au bord libre.

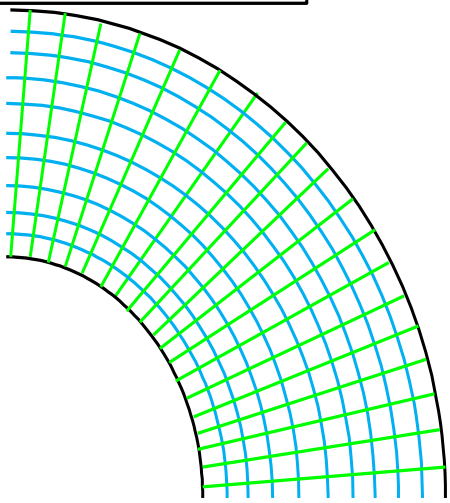


Ce type de direction est réservé normalement aux ouvrages dont les lignes d'appui sont toutes parallèles les unes par rapport aux autres et dont les biais sont peu prononcés. En tout état de cause, dans ce cas de figure, les dispositions suivantes sont prises :

- En zone courante, les aciers longitudinaux sont parallèles aux bords libres,
- En zone courante, les aciers transversaux sont parallèles à la première ligne d'appuis.

Ce type de direction présente l'intérêt d'un ferraillage en tout point parallèle aux directions principales du ferraillage et aux directions des lignes d'appuis.

Armatures de type 2 : Treillis_Bord

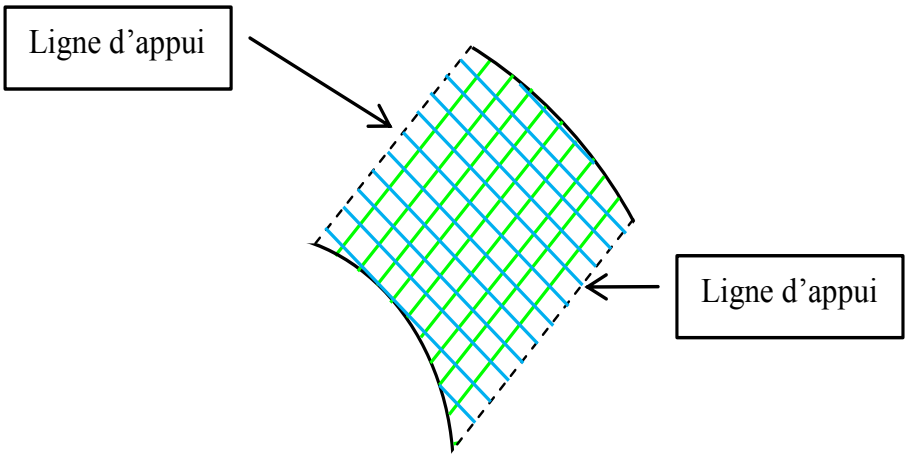


Ce type de direction est adapté aux ouvrages peu ou moyennement larges. Dans ce cas de figure, les dispositions suivantes sont prises :

- En zone courante, les aciers longitudinaux sont parallèles aux bords libres,
- En zone courante, les aciers transversaux sont perpendiculaires aux bords libres.

Ce type de direction présente l'intérêt d'un ferraillage en tout point parallèle aux directions principales du ferraillage sauf pour les chevêtres d'about en présence de biais.

Armatures de type 4 : Treillis_quelconque



Les deux directions de ferraillage sont définies par l'utilisateur. Ce type de ferraillage permet à l'utilisateur d'adapter son ferraillage à l'ouvrage. Dans ce cas de figure, les dispositions suivantes sont prises :

- Dans toutes les zones, les aciers longitudinaux sont orientés selon la direction longitudinale,
- Dans toutes les zones, les aciers transversaux sont orientés selon la direction transversale,

Sauf :

- Les chevêtres d'about qui sont parallèles à la ligne d'appui concernée,
- La poutre de bord libre qui est parallèle au bord libre.