

Plancher Béton Armé

Version 3.0

Exemple n°3

*Plancher unidirectionnel
hyperstatique
sous charges réparties*



(Page laissée intentionnellement blanche ...)



Tables des matières

1	<i>Présentation de l'exemple</i>	5
1.1	Généralité.....	5
1.2	Description du plancher	6
2	<i>Entrée des données</i>	7
2.1	Configuration du logiciel (optionnel).....	7
2.2	Formulaire Géométrie.....	8
2.3	Formulaire Charges et Combinaisons	10
2.4	Formulaire Matériaux	11
2.5	Formulaire Ferrailage	11
2.5.1	Onglet Disponibilité stock barres HA :	12
2.5.2	Onglet Disponibilité stock treillis soudés :	12
2.5.3	Onglet Modèle armature flexion :	12
2.5.4	Onglet Positionnement des lits	12
2.5.5	Autres onglets	13
2.5.6	Avertissement	13
2.6	Formulaire Modélisation – Environnement	13
2.6.1	Onglet ELU	13
2.6.2	Onglet ELS	14
2.6.3	Onglet Effort tranchant	15
2.6.4	Onglet Durabilité	15
2.6.5	Onglet Sécurité Incendie	15
2.6.6	Onglet Résistance sismique.....	15
2.7	Présentation finale.....	15
3	<i>Notes de calcul</i>	16
4	<i>Plans de ferrailage</i>	16
5	<i>Comparaison des résultats</i>	16
6	<i>Fichiers de données</i>	20

[Annexe : Note de calcul établie par le logiciel « Plancher BA »](#)



(Page laissée intentionnellement blanche ...)



1 Présentation de l'exemple

1.1 Généralité

Il s'agit de calculer un plancher en béton armé et de produire la note de calcul et les plans de ferrailage. Pour cela, il sera utilisé le logiciel « Plancher BA » V3.0.

L'exemple support est issu du livre « Application de l'Eurocode 2 – cas des bâtiments en béton » édité par « les presses de l'ENPC » - 1^{ière} édition – 2005 Chapitre 11 Dalles rédigé par Mr Torrenti et Paillé. Je vous encourage à lire ma critique sur ce livre en page « Bibliographie » du même site internet.

On retrouve ce même exemple traité dans le livre de Mr Paille « Calcul des structures en béton » 2^{ème} édition AFNOR – Eyrolles pages 403 à 415. Ce livre corrige quelques erreurs se trouvant dans la 1^{ière} édition de l'ouvrage « Application de l'Eurocode 2 – cas des bâtiments en béton » édité par « les presses de l'ENPC ».

Ces ouvrages comportent des erreurs qui seront relevés dans la suite de ce document. Ces erreurs ont été relevées dans la 1^{ière} édition du livre « Application de l'Eurocode 2 » et dans la 2^{ème} édition du livre de Mr Paillé.

Cet exemple sert à la fois :

- De tutoriel pour présenter l'utilisation du logiciel
- D'élément de validation du logiciel (comparaison entre le calcul manuel et le calcul automatique).

Il s'agit de calculer un plancher béton armé portant dans un seul sens suivant les dispositions de l'Eurocode.

Le logiciel établira la note de calcul et les plans d'exécution du plancher.

Le présent exemple permettra de comparer :

- Les résultats établis par le logiciel « Plancher BA EC2 » avec les résultats présentés dans les deux livres.
- Les résultats entre le logiciel « Plancher BA » et le programme Arche dalle EC2 de la suite OMD 2018 de la société GRAITEC.

De plus, les conditions géométriques et mécaniques de ce plancher (d'où l'utilisation de cet exemple) permettent d'utiliser les différents modèles proposés par le règlement européen, et présentés aussi dans le bouquin.

- Note de calcul conduite suivant les principes de l'analyse linéaire élastique
- Note de calcul conduite suivant les principes de l'analyse linéaire élastique mais avec redistribution des moments
- Note de calcul conduite suivant les principes de l'analyse linéaire élastique avec redistribution des moments, prenant en compte l'écarterage des moments sur appuis.
- Note de calcul conduite suivant les principes de l'analyse linéaire élastique avec redistribution des moments aussi bien à l'ELU qu'à l'ELS (application des recommandations professionnelles) prenant en compte l'écarterage des moments sur appuis.

Le chapitre [Entrée des données](#) sert de tutoriel et présente comment doit être renseigné le logiciel.

Puis il sera présenté :

- La note de calcul réalisée par le logiciel – Chapitre [Note de calcul](#). Il se trouve une note de calcul par modèle d'analyse
- Les plans édités par le logiciel – Chapitre [Plans de ferrailage](#)
- La comparaison avec le calcul présenté dans la bibliographie indiquée ci-avant et celui réalisé avec le logiciel Graitec Arche dalle EC2 OMD 2018. Chapitre [Comparaison des résultats](#)



Nota Bene :

Il est possible que quelques différences apparaissent entre les captures d'écran figurant dans le présent document et ceux qui apparaîtront dans le logiciel « Plancher BA » V3.0 que vous aurez entre les mains. De même, pour la note de calcul où quelques améliorations auront pu être apportées.

En effet, le logiciel est en constante évolution et il est possible que certains points aient été modifiés avant la diffusion définitive en V3.0. Ces quelques modifications seront mineures et ne remettront pas en cause ce qui est indiqué dans la suite du présent document.

Cet exemple de calcul s'appuie sur la version 3.0 et une version ultérieure peut voir des changements importants. Il vous faudra donc vérifier que votre version correspond bien à la V3.0 sinon certains éléments indiqués ci-après peuvent s'avérer caducs.

1.2 Description du plancher

La description du plancher figure aux pages 153 à 155 du livre « Application de l'Eurocode 2 – cas des bâtiments en béton » - 1^{ière} édition. Elle est rappelé ci-dessous :

- Dispositions géométriques :
 - Plancher dalle pleine coulée en place. Ce n'est pas dit dans l'exemple mais on suppose.
 - Épaisseur 20cm
 - Longueur et largeur : voir Figure 1 - Vue en plan du plancher
 - Conditions d'appui : appuis continues sur les 4 côtés de la dalle. Le type de voile n'est pas précisé. Mais si c'est un voile béton, l'utilisation de la prescription sur le monolithisme de l'appui n'est pas utilisée.
- Matériaux :
 - Béton : $f_{ck} = 25$ Mpa
 - Acier : $f_{yk} = 500$ Mpa classe B
- Charge :
 - Permanente :
 - PP plancher : $0.20 \times 25 = 5$ kn/m²
 - G1 (revêtement, etc. ...) : 1kn/m²
 - Total : 6kn/m²
 - Exploitation :
 - Habitation (A suivant EN1991) : 1.5kn/m²
 - Total : 1.5kn/m²
- Conditions d'utilisation :
 - Classe structurale : S4
 - Environnement : XC1
 - Enrobage : calculé par le logiciel. Il sera comparé la valeur calculée avec celle figurant dans les bouquins.
 - Résistance au feu : aucune
 - Sismicité : aucune
- Modélisation :
 - $L_y = 12$ m ; $L_x = 5.35$ – $L_y/L_x = 13/5.40 = 2.24 > 2 \rightarrow$ Plancher unidirectionnel (EN1992-1-1 Art.5.3.1(5))

Dessin de la structure étudiée :

Ce dessin est une capture d'écran du plancher dessiné dans le formulaire « Géométrie » suite à l'entrée des données.

Ce dessin permet de vérifier que l'entrée de données est correcte par rapport à l'ouvrage modélisé.

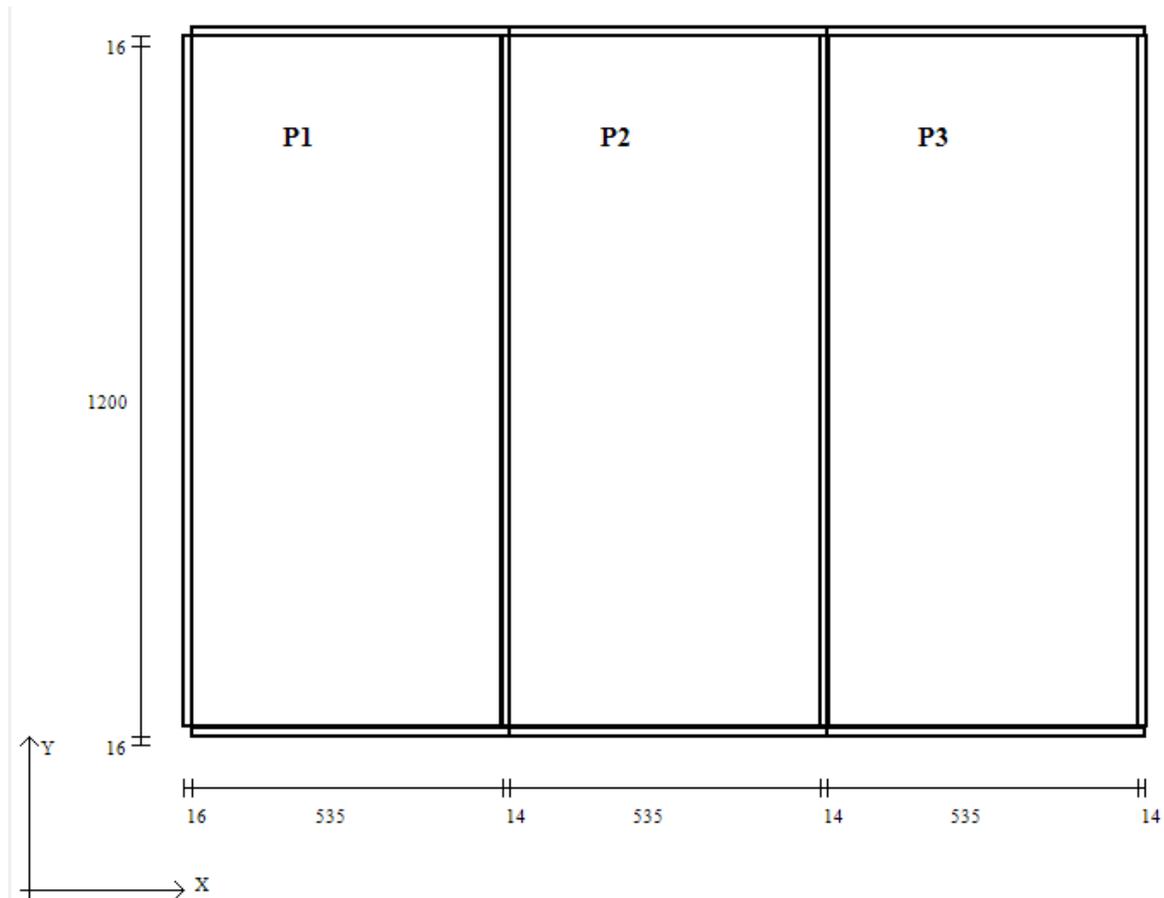


Figure 1 - Vue en plan du plancher

2 Entrée des données

L'entrée des données pour le calcul d'un nouveau plancher commence toujours par le formulaire géométrie. Le logiciel n'autorisera pas l'accès aux autres formulaires si ce dernier n'a pas d'abord été renseigné.

2.1 Configuration du logiciel (optionnel)

Ce formulaire ne nécessite pas d'être renseigné systématiquement puisque les mêmes données peuvent s'appliquer à plusieurs affaires.

Dans notre cas, il ne sera renseigné que lorsque l'on voudra appliquer les recommandations professionnelles. Il sera alors coché l'option « complété par les Recommandations Professionnelles – mars 2007 »

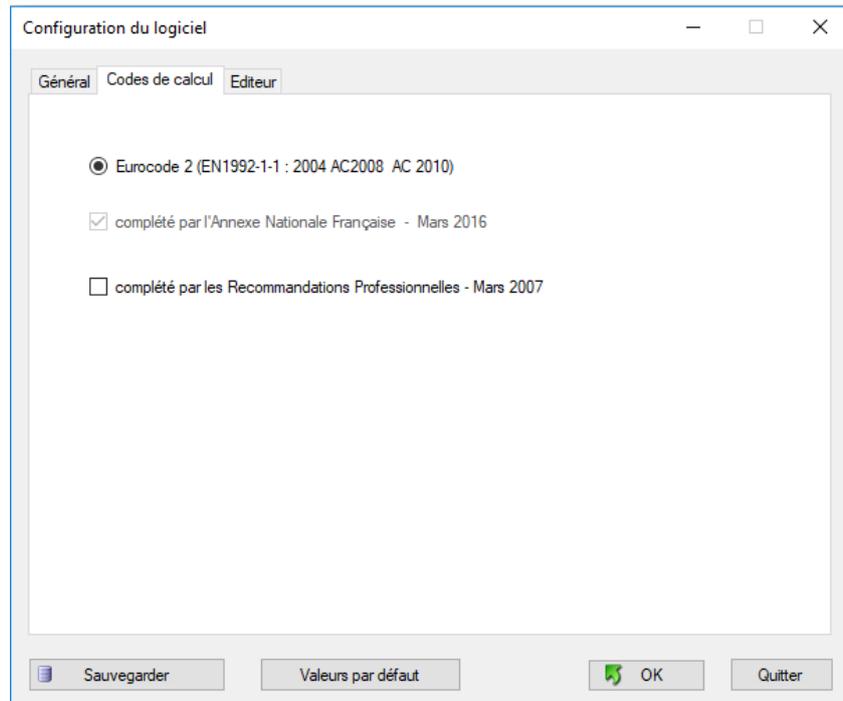
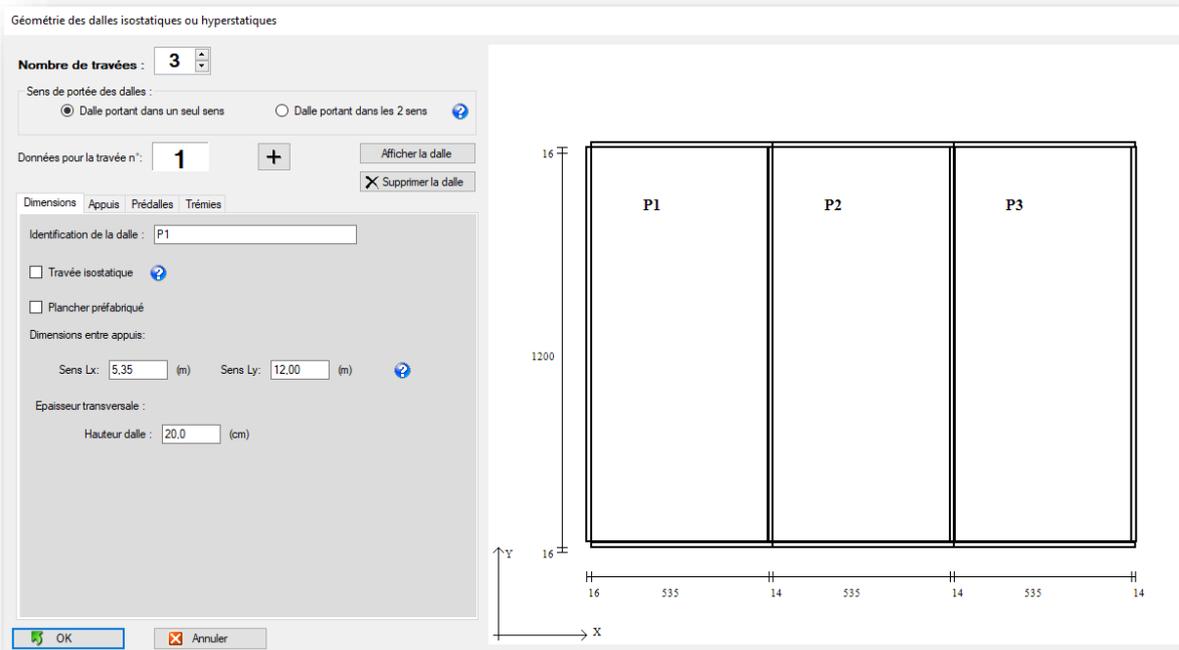


Figure 2 - Configuration du logiciel

2.2 Formulaire Géométrie

Une fois complètement renseigné, le formulaire doit se présenter sous la forme suivante :

Partie Générale :



Travée n°1 :

Seuls 2 onglets ont besoin d'être renseignés : Onglet Dimensions et Onglet Appuis



Dimensions Appuis Prédalles Trémies

Identification de la dalle : P1

Travée isostatique ?

Plancher préfabriqué

Dimensions entre appuis:

Sens Lx: 5,35 (m) Sens Ly: 12,00 (m)

Epaisseur transversale :

Hauteur dalle : 20,0 (cm)

Dimensions Appuis Prédalles Trémies

Largeur d'appuis par cotés (cm) :

Gauche 16,0 Sens X 16,0 Haut 14,0 Droite 14,0 Bas 16,0 Sens Y 16,0

Tous les appuis ont même largeur. Renseignez l'appui gauche uniquement.

Tous les appuis sont de même type. Renseignez l'appui gauche uniquement.

Appui gauche : béton maçonnerie

Appuis béton de type monolithique

Nota :

La coche « appui béton de type monolithique » n'a pas été cochée dans cette configuration, voir chapitre précédent pour les explications correspondantes.

Ce point s'applique pour les 2 autres travées, il ne sera donc pas répété.

Travée n°2 :

Seuls 2 onglets ont besoin d'être renseignés : Onglet Dimensions et Onglet Appuis

Dimensions Appuis Prédalles Trémies

Identification de la dalle : P2

Travée isostatique ?

Plancher préfabriqué

Dimensions entre appuis:

Sens Lx: 5,35 (m) Sens Ly: 12,00 (m)

Epaisseur transversale :

Hauteur dalle : 20,0 (cm)

Dimensions Appuis Prédalles Trémies

Largeur d'appuis par cotés (cm) :

Gauche 14,0 Sens X 16,0 Haut 14,0 Droite 14,0 Bas 16,0 Sens Y 16,0

Tous les appuis ont même largeur. Renseignez l'appui gauche uniquement.

Tous les appuis sont de même type. Renseignez l'appui gauche uniquement.

Appui gauche : béton maçonnerie

Appuis béton de type monolithique

Travée n°3 :

Seuls 2 onglets ont besoin d'être renseignés : Onglet Dimensions et Onglet Appuis

Dimensions Appuis Prédalles Trémies

Identification de la dalle : P3

Travée isostatique ?

Plancher préfabriqué

Dimensions entre appuis:

Sens Lx: 5,35 (m) Sens Ly: 12,00 (m)

Epaisseur transversale :

Hauteur dalle : 20,0 (cm)

Dimensions Appuis Prédalles Trémies

Largeur d'appuis par cotés (cm) :

Gauche 14,0 Sens X 16,0 Haut 14,0 Droite 14,0 Bas 16,0 Sens Y 16,0

Tous les appuis ont même largeur. Renseignez l'appui gauche uniquement.

Tous les appuis sont de même type. Renseignez l'appui gauche uniquement.

Appui gauche : béton maçonnerie

Appuis béton de type monolithique



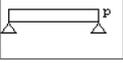
2.3 Formulaire Charges et Combinaisons

Une fois complètement renseigné, le formulaire doit se présenter sous la forme suivante :

Onglet partie charges :

Travée n°1 :

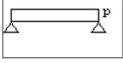
1 seul sens de portée - Charges réparties Combinations

Travée n° Schéma n° 

Cas	Nature	Schéma	Application charge	P1 (daN/m²)	P2 (daN/m²)	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)
▶ 1	Permanente	1	Supérieure	600,00	■	■	■	■	■
2	Exploitation Catégorie A ou B	1	Supérieure	150,00	■	■	■	■	■
*									

Travée n°2 :

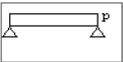
1 seul sens de portée - Charges réparties Combinations

Travée n° Schéma n° 

Cas	Nature	Schéma	Application charge	P1 (daN/m²)	P2 (daN/m²)	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)
▶ 1	Permanente	1	Supérieure	600,00	■	■	■	■	■
2	Exploitation Catégorie A ou B	1	Supérieure	150,00	■	■	■	■	■
*									

Travée n°3 :

1 seul sens de portée - Charges réparties Combinations

Travée n° Schéma n° 

Cas	Nature	Schéma	Application charge	P1 (daN/m²)	P2 (daN/m²)	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)
▶ 1	Permanente	1	Supérieure	600,00	■	■	■	■	■
2	Exploitation Catégorie A ou B	1	Supérieure	150,00	■	■	■	■	■
*									

Onglet partie combinaisons :

Il suffit de cliquer sur le bouton « Générateur de combinaison » et automatiquement, toutes les combinaisons vont être générées y compris celles à l'ELS caractéristiques et Quasi-Permanent puisque le type de charge a été renseigné.



1 seul sens de portée - Charges réparties Combinaisons

Combinaison n° 1 ELU STR (fondamental) Générateur de combinaisons Effacer

13 combinaison(s) renseignée(s).

	Travée	Charge	Pondération
▶	1	1	1,35
	2	1	1,35
	3	1	1,35
	1	2	1,5
	3	2	1,5
*			

2.4 Formulaire Matériaux

Une fois complètement renseigné, le formulaire doit se présenter sous la forme suivante :

Béton :

Classe de résistance : C25/30

Diamètre du granulat : 20 (mm)

Classe du ciment : Classe N

Nature du ciment : Autres

yc Durable Transitoire : 1,50 yc Accidentel : 1,20

Acier :

Module d'élasticité Es : 200000 (MPa)

Masse volumique moyenne : 7850 (Kg/m3)

Type d'armature : B500B

ys Durable Transitoire : 1,15 ys Accidentel : 1,00

OK Annuler

Le renseignement de ce formulaire n'appelle pas de remarque particulière.

Il suffit de cliquer sur le bouton  pour valider l'ensemble des données figurant sur formulaire.

2.5 Formulaire Ferrailage

Dans ce formulaire, beaucoup d'éléments sont déjà pré-remplis et n'ont pas besoin d'être modifiés par rapport aux caractéristiques du projet.

Dans l'exemple du livre, le ferrailage est donné sous forme de barres HA, il en sera donc de même dans le logiciel.

Dans le cas de cet exemple, les seules modifications portent sur les onglets « Disponibilité stock barres HA » et « Modèle armature flexion ».



2.5.1 Onglet Disponibilité stock barres HA :

Aucune modification

2.5.2 Onglet Disponibilité stock treillis soudés :

Aucune modification

2.5.3 Onglet Modèle armature flexion :

Les armatures seront sous forme de lits de barres HA.

Pas de nécessité de cocher l'autorisation pour les 2 lits puisque nous voulons l'armature sous forme d'un seul lit.

Si un seul lit s'avère insuffisant, le logiciel calculera automatiquement avec 2 lits.

2.5.4 Onglet Positionnement des lits

La longueur manutentionnable des barres HA est prise égale à la longueur commercialisable soit 12m (voir onglet « stock barres HA »).

La position de recouvrement sera à minima de 1m à partir du nu d'appui (valeur de base du logiciel).

Les autres éléments n'ont pas été modifiés.



2.5.5 Autres onglets

Les autres onglets n'ont pas besoin d'être renseignés, les valeurs de base suffisent.

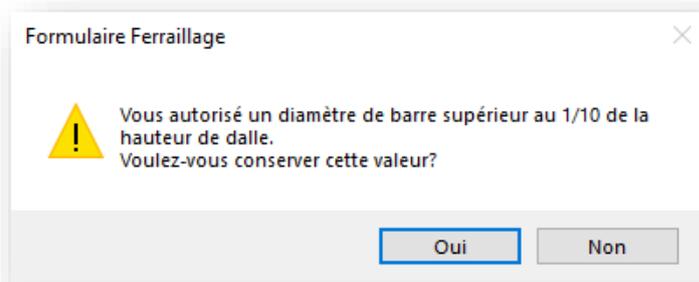
Toutefois, assurez-vous toujours que ces valeurs de base répondent aux caractéristiques de votre projet.

Il suffit de cliquer sur le bouton  pour valider l'ensemble des données géométriques

2.5.6 Avertissement

Chaque fois que vous validez un formulaire, vous pouvez avoir un ou plusieurs avertissements qui s'affichent.

En l'occurrence, il s'affiche :



L'avertissement est normal car le HA25 est bien gros par rapport à l'épaisseur de la dalle (20cm).

Toutefois, le logiciel vous laisse le choix de conserver ces valeurs, il suffit de cliquer sur « Oui ». Cela n'aura pas de conséquence sur la suite du calcul sauf que le logiciel sera en mesure de vous fournir une solution en barres HA25, ce qui loin d'être l'idéal pour ce type de

dalle.

2.6 Formulaire Modélisation – Environnement

Dernier formulaire renseigné. Toutefois, les 3 derniers formulaires peuvent être renseignés dans n'importe quel ordre, cela n'a pas d'importance.

La seule obligation est de renseigner le formulaire géométrie en 1^{er}.

2.6.1 Onglet ELU

Pour satisfaire les hypothèses de calcul, l'onglet doit se présenter comme ci-dessous, une fois entièrement renseigné.

Pour le calcul sans redistribution et sans écrêtage :



ELU ELS Effort tranchant Durabilité Sécurité incendie Résistance sismique

Principe de dégression :

Application du principe de dégression sur la travée complète pour la charge d'exploitation Pas d'application du principe de dégression

Méthode d'analyse de structure :

Analyse élastique linéaire suivant conditions de l'article 5.4 de l'EN1992-1-1
 Analyse élastique linéaire avec redistribution limitée des moments - article 5.5 de l'EN1992-1-1 - Valeur de δ : ?

Plancher porteur dans 1 seul sens :

Reprise de 15% Moment Maximal en travée sur appuis de rive - Sens porteur Encastrement partiel pour les appuis sens NON porteur (EN1992-1-1 §9.3.1.2(2)) ?
 Appliquer l'écrêtage des moments sur appuis suivant les conditions de l'EN 1992-1-1 Art.5.3.2.2(4) ?

Prévoir barres transversales sur amatures supérieures principales aux appuis (EN 1992-1-1 §9.3.1(2))

Pour le calcul **avec** redistribution et **avec** écrêtage :

Méthode d'analyse de structure :

Analyse élastique linéaire suivant conditions de l'article 5.4 de l'EN1992-1-1
 Analyse élastique linéaire avec redistribution limitée des moments - article 5.5 de l'EN1992-1-1 - Valeur de δ : ?

Plancher porteur dans 1 seul sens :

Reprise de 15% Moment Maximal en travée sur appuis de rive - Sens porteur Encastrement partiel pour les appuis sens NON porteur (EN1992-1-1 §9.3.1.2(2)) ?
 Appliquer l'écrêtage des moments sur appuis suivant les conditions de l'EN 1992-1-1 Art.5.3.2.2(4) ?

Est souligné en rouge les éléments modifiés.

2.6.2 Onglet ELS

Pas de modification par rapport aux valeurs de base.

ELU ELS Effort tranchant Durabilité Sécurité incendie Résistance sismique

Etats Limites de Service - Calcul des contraintes - Coefficient d'équivalence n :

Imposer la valeur de n : ?
 Calcul de la valeur de n en suivant les Recommandations Professionnelles

Taux d'humidité RH : (%) Chargement age initial t0 : (jours) Chargement age final t= :

Etats Limites de Service - Calcul de la flèche suivant EN1992-1-1 §7.4.1(4) et §7.4.3 :

Imposer la valeur de n : ?
 Calcul de la valeur de n par annexe B et équation (7.20)

Taux d'humidité RH : (%) Chargement age initial t0 : (jours) Chargement age final t= :



2.6.3 Onglet Effort tranchant

Aucune modification

2.6.4 Onglet Durabilité

Cet onglet doit être renseigné mais avec le forçage sur l'enrobage.

Ce formulaire vous laisse le choix :

- Soit vous indiquer la classe de l'environnement
- Soit vous forcez le résultat dans le cas où le logiciel ne satisfait pas à votre besoin. Vous pouvez utiliser le logiciel « Calcuette BA » si vous désirez le détail du calcul de l'enrobage à partir de la classe de l'environnement.

ELU ELS Effort tranchant Durabilité Sécurité incendie Résistance sismique

Travée n° 1 Applicable à toutes les travées Document CERIB ?

Classe d'exposition :

X0 - aucun risque d'attaque et de corrosion

Corrosion induite par la carbonatation : XC1 - sec ou humide en permanence XC2 - humide, rarement sec XC3 - humidité modérée XC4 - alternativement humide et sec

Corrosion induite par les chlorures : XD1 - humidité modérée XD2 - humide, rarement sec XD3 - alternativement humide et sec

Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer : XS1 - Air marin XS2 - Immergé XS3 - Mamage, projections, embruns

Attaque gel / dégel : XF1 - saturation modérée sans déverglaçage XF2 - saturation modérée avec déverglaçage XF3 - saturation forte sans déverglaçage XF4 - saturation forte avec déverglaçage

Attaques chimiques : XA1 - faible agressivité XA2 - agressivité modérée XA3 - forte agressivité

Durée d'utilisation du projet : 50 ans

Forçage de l'enrobage - enrobage inférieur : cm - enrobage latéral : cm - enrobage supérieur : cm

Harmoniser les enrobages entre travées

Remarque :

Pour un environnement classé XC1, le logiciel indique dans sa note de calcul une valeur d'enrobage de 20mm, valeur identique que l'on retrouve page 157 dans le bouquin précité.

La classe d'exposition étant identique pour toute les travées, la coche « harmoniser les enrobages entre travées » ne présente pas d'intérêt.

2.6.5 Onglet Sécurité Incendie

Aucune résistance au feu demandée. Aucune modification

2.6.6 Onglet Résistance sismique

Construction en zone non sismique. Aucune modification

2.7 Présentation finale

Une fois toutes les données entrées, le formulaire général doit se présenter sous cette forme :



Travée	Cas	Nature	Schéma	Application	P ou P1	P2	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)
1	1	Permanente	1	Supérieure	600,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	2	Exploitation Caté...	1	Supérieure	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1	Permanente	1	Supérieure	600,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2	Exploitation Caté...	1	Supérieure	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	1	Permanente	1	Supérieure	600,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	2	Exploitation Caté...	1	Supérieure	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cet écran permet une dernière vérification avant de cliquer sur le menu « Calcul » pour lancer le calcul.

3 Notes de calcul

Pour éviter d'alourdir le document, ne figure que la note de calcul avec les hypothèses de redistribution limité et d'écrêtage des moments sur appuis.

Le lecteur pourra se tirer les autres notes de calcul avec les fichiers de données mis à sa disposition :

- Fichier de données pour un calcul suivant les hypothèses de la Rdm sans redistribution et sans écrêtage
- Fichier de données pour un calcul suivant les hypothèses de la Rdm avec redistribution et sans écrêtage

Ces fichiers de données se trouvent dans les répertoires informatiques correspondant, figurant sur le site internet.

[Voir annexe](#)

4 Plans de ferrailage

Se trouvent en fin de chaque note de calcul.

Attention :

Les plans à l'échelle doivent impérativement être imprimés directement depuis le logiciel, ceux figurant en fin de note de calcul ne sont là qu'à titre illustratif.

5 Comparaison des résultats

La comparaison est établie entre :

- Les résultats établis par le logiciel « Plancher BA » suivant 3 méthodes :
 - La méthode des 3 moments sans aucune correction : application des principes de la rdm pur et dur.



Logiciel Plancher BA - Exemple n°3

- La méthode des 3 moments corrigée par un coefficient de redistribution suivant EN1992-1-1 Art. 5.5
- La méthode des 3 moments corrigée par un coefficient de redistribution suivant EN1992-1-1 Art. 5.5 auquel on ajoute la prise en compte de l'épanouissement du moment sur l'appui.
- Les résultats présentés dans le livre « Applications de l'Eurocode 2 » - 1^{ère} édition corrigés éventuellement par ceux figurant dans le bouquin de Mr Paillé.
- Le même plancher calculé avec le logiciel OMD 2018 de GRAITEC suivant la méthode de Caquot. Il ne sera pas utilisé la méthode forfaitaire car elle est défavorable en terme de quantité d'armature.

	Logiciel 1 « Plan. BA » 3 Mts	Logiciel « Plan. BA » 3 Mts – $\delta = 0.7$	Logiciel « Plan. BA » 3 Mts – $\delta = 0.7$ - Ecrêté	Livre 3 moments Sans redistrib.	Livre 3 moments Avec redistrib $\delta = 0.7$.	OMD 2018 Caquot	Remarques
Travée n°1							
Mu (KN.m) en travée	26.4	30	30	26.4	28.9	24.41	(1)
As sens petite portée théorique (cm ² /ml)		3.78 cm ² /ml	3.78 cm ² /ml	*NC	3.4 (3.68) cm ² /ml	3.07 cm ² /ml	(5)
As sens petite portée théorique (cm ² /ml)		0.76 cm ² /ml	0.76 cm ² /ml		0.7 cm ² /ml		(6)
Mu(KN.m) sur App Gauche	4.0	4.5	4.5	*NC	*NC	5.48	
As théorique (cm ² /ml)		0.55 cm ² /m	0.55 cm ² /m	*NC	0.51 cm ² /m	2.33 cm ² /m	(3)
Mu(KN.m) sur App droit	32.4	22.7	21.6	32.45	22.7 (21.63)	28.90	(2)
As théorique (cm ² /ml)		2.83 cm ² /ml	2.69 cm ² /ml		2.7 cm ² /ml	3.65 cm ² /ml	(4)
Effort tranchant Appui gauche	22.6	24.1	24.1		23		(7)
Effort tranchant Appui droit	33.6	31.9	31.9		33.49		(7)
Travée n°2							
La travée n°2 ne donne lieu à aucun calcul dans les 2 bouquins.							
Travée n°3							
La travée n°3 est quasi-symétrique à la travée n°1, tous les efforts et calcul sont identiques à la travée n°1.							

*NC : élément non calculé

Remarque n°1 :

- Valeur du moment rdm sans redistribution identique.
- Valeur du moment avec redistribution différent entre les valeurs figurant dans les 2 livres et le logiciel « Plancher BA ». La différence provient de la façon dont est appliqué le coefficient de redistribution δ : le logiciel applique la même valeur de δ à toutes les combinaisons ELU Str alors les auteurs appliquent une valeur de δ différente de façon à égaliser le moment sur appui à la valeur correspondant à M_{max} . δ ce qui signifie que le moment mini sur appui est minoré que d'une partie de la valeur de δ . La combinaison conduisant au moment mini est donc minorée d'une valeur supérieure à δ , ce qui conduit à des résultats qui peuvent être surprenant. En conséquence, cette manière de faire minore le moment maxi en travée. Cette méthode est autorisée par la note figurant dans l'AN qui autorise une valeur de δ différent suivant le cas de charge. Toutefois, cette façon de faire peut conduire à rendre une structure symétrique en géométrie et chargement, dissymétrique en ferrailage.



Ainsi dans cet exemple, la combinaison n°4 qui donne la valeur minimale sur l'appui n°2 est aussi celle qui donne l'appui maximum sur l'appui n°3. Et, au lieu de se retrouver avec des valeurs de moments identiques sur appuis si les coefficients δ avaient été identiques, les valeurs seront différentes, ce qui n'est pas cohérent avec ce type de structure même si au titre de la Rdm, cela peut s'entendre. Raison pour laquelle le programme applique la même valeur de δ à toutes les combinaisons ELU Str.

- Dans le livre de Mr Paillé, le dimensionnement se fait avec le moment calculé au nu d'appui 20.4 kN.m
- OMD calcule la répartition des moments suivant la méthode de Caquot (autorisé dans le cadre de l'utilisation des Recommandations professionnelles).

Remarque n°2 :

- Les résultats de la modélisation Rdm sans redistribution et sans écrêtage et le livre, sont identiques.
- La valeur de moment entre parenthèse pour la colonne « Livre 3 moments avec redistribution » prend en compte l'écrêtage du moment sur appui
- OMD est en retrait mais cela s'explique par son mode de modélisation (Méthode CAQUOT) qui n'est reconnu que par les recommandations professionnelles.

Remarque n°3 :

- Calcul de ferrailage OMD complètement aberrant
- Le livre calcule directement les 15% sur le ferrailage en travée, raison pour laquelle apparait « NC » dans la case au-dessus. A contrario du logiciel qui refait un calcul de ferrailage à partir du 0.15Mtx.

Remarque n°4 :

- La différence de section entre le livre et le logiciel provient de plusieurs éléments :
 - Plusieurs arrondis ont été faits :
 - La valeur de la section d'acier du livre est calculée sur la valeur du moment écrêté. Toutefois, l'auteur a arrondi la valeur à 22kN.m au lieu de 21.7 kN.m (augmentation de 1,5%)
 - L'auteur a arrondi la valeur de section à 2,7cm²/ml alors que le résultat numérique de l'expression est de 2,75 cm²/ml
 - Mais au final, on s'aperçoit la différence est très minime ($0.06/2.69 = 2.2\%$) !
- La valeur de section pour le moment sans écrêtage est donnée pour permettre de quantifier l'économie réalisée : 2.83 pour 2.69 cm²/ml soit une économie théorique de 5.2% (mais sur une petite quantité, ce n'est pas trop significatif !)

Remarque n°5 :

- Erreur dans le livre : la valeur numérique de la section d'acier ne correspond pas au résultat numérique de l'expression. La valeur obtenue à partir de l'expression numérique et en prenant un moment égal à 29 KN.m et non 29.7 KN.m est de 3.68 cm²/ml avec un bras de levier de 168mm.
- La valeur de la hauteur utile d est identique entre le livre et le logiciel : 175mm, le diamètre de l'acier (HA10) ayant été pris identique.
- Le livre propose 0.7cm²/ml dans le sens perpendiculaire et le logiciel 0.76 cm²/ml soit là aussi des valeurs très proches.

Remarque n°6 :

- Valeurs très proches entre le livre et le logiciel.



Remarque n°7 :

- Valeurs d'effort tranchant du livre sont des valeurs sans prise en compte de la redistribution des moments. Or cette dernière influe la valeur de l'effort tranchant – Rappel :

$$V_{AB}(x) = v(x) + \frac{M_A - M_B}{L}$$

- De plus, il n'est pas précisé les moments utilisé pour l'évaluation de l'effort tranchant. A priori, suivant les valeurs affichées, on peut supposer qu'il s'agit des moments initiaux et non redistribués.

Autres points de contrôle :

Vérification de l'effort tranchant :

Le comparatif se fera uniquement avec le livre de Mr Paillé, l'autre livre étant complètement faux sur ce chapitre (ce qui prouve en creux que l'Eurocode n'est pas si simple que cela !).

Uniquement pour la travée n°1

Ancrage des aciers sur appui :

Sur appui de rive :

- Ved = 23 kN (Paillé) pour 24,09 kN (logiciel)
- Agl = 0,51cm² (Paillé : erreur sur fyk pris à 435 MPa au lieu de 500 MPa) pour 0.52 cm² (logiciel)

Sur appui intermédiaire :

- Ved = 33.5 kN (Paillé) pour 31.28 kN (logiciel)
- Agl < 0 pour les 2

Vérification du cisaillement :

Paillé indique une valeur maximale à ne pas dépasser de 1.13 MPa soit 197.8 kN et le logiciel indique une valeur de 198.3 kN.

Conclusion identique pour les 2 : pas d'armature pour la reprise des efforts tranchants.

Etat limite de service de compression et traction :

Aucune vérification n'est établie dans les 2 ouvrages en indiquant que la classe XC1 ne conduit pas à la nécessité de cette vérification.

Les notes de calculs avec redistribution démontrent :

- La véracité de ce point de vue pour les contraintes de compression sur le béton.
- La nécessité de prise en compte du coefficient de redistribution à l'ELS caractéristique sinon la contrainte sur l'acier dépasse 0,8.f_{yk}.

Etat limite de service de fissuration :

Les 2 ouvrages et les notes de calcul indiquent l'absence de nécessité de vérification de la fissuration en classe XC1.



Calcul des flèches :

Vérification de la nécessité de calcul des flèches par utilisation de la méthode proposée par l'EN1992-1-1 §7.4.2 dans l'ouvrage de Mr Paillé et dans les notes de calcul informatique de manière systématique.

De multiples erreurs se trouvent dans l'ouvrage de Mr Paillé : limite 35 et non 26 si on applique l'ANF et la valeur l_x/d_x doit être inférieure à la limite. De plus, la limite utilisée est valable pour f_{ck} de 30 MPa alors que le béton utilisé présente $f_{ck} = 25$ MPa.

Ces points sont rectifiés dans le logiciel et le plancher respecte ces limites qui n'obligent pas un calcul explicite des flèches.

Par curiosité, j'ai forcé le logiciel à calculer les flèches suivant la méthode de l'EN1992-1-1 §7.4.3 et on trouve :

- $f_I = 5,33$ mm (Paillé) pour 4,5mm (Logiciel)
- $f_{II} = 28$ mm (Paillé) pour 24,9mm (Logiciel)
- avec un résultat final de $f_l = 5,33$ mm (Paillé) pour 4,5mm (logiciel)

Soit des résultats très proches.

En résumé :

Aux erreurs prés figurant dans la 1^{ière} édition du livre « Application de l'Eurocode 2 » et dans la 2^{ième} édition du livre de Mr Paillé, les résultats sont quasi-identiques.

Les résultats de calcul de moment avec le logiciel « Plancher BA » en prenant en compte le coefficient de redistribution (avec écrêtage ou pas) sont cohérent avec OMD.

Par contre, certains calculs de ferrailage d'OMD sont incohérents.

6 Fichiers de données

Avec la notice, vous trouverez les fichiers de données qui vous permettront de pouvoir exécuter le calcul du présent plancher sur votre ordinateur à partir du logiciel « Plancher BA ».

Pour rappel, les fichiers de sauvegarde comprennent :

- Des fichiers au format xml qui sont générés directement par le logiciel lors de la sauvegarde des données. Ces fichiers seront directement chargés par le logiciel.
- Le fichier au format txt qui leurs sont directement associés. C'est ce dernier qui doit être chargé manuellement par le projeteur. Toutefois, le fichier txt sera sauvegardé dans le même répertoire que les fichiers xml.

Pour des raisons de bon fonctionnement du logiciel, les fichiers xml doivent toujours se trouver dans le même répertoire que le fichier txt auquel il est associé. Sinon, une erreur logicielle apparaîtra indiquant que les fichiers de données n'ont pas été trouvés.

Pour des raisons de facilité, les fichiers ont été regroupés et compressés au format Zip, ils peuvent être donc décompressés par n'importe quel logiciel de compression-décompression voire même par Windows.

Il est fourni 3 répertoires compressés comprenant les fichiers de données :

- Ex3 EFB rdm : répertoire qui comprends tous les fichiers pour le calcul du plancher sous analyse statique linéaire



- EX3 EFB rdm delta : répertoire qui comprends tous les fichiers pour le calcul du plancher sous analyse statique linéaire avec redistribution.
- EX3 EFB rdm delta ecret : répertoire qui comprends tous les fichiers pour le calcul du plancher sous analyse statique linéaire avec redistribution et écrêtage. La note de calcul qui suit dans le présent document correspond à ce fichier de données.
- Il n'est pas fourni de 4^{ième} répertoire pour la mise en œuvre des recommandations professionnelles. Il vous suffit de prendre le répertoire précédent et de cocher l'option « Prise en compte des recommandations professionnelles » pour obtenir le fichier de données correspondant. Cela vous fera un excellent exercice !



ANNEXE



Dimensionnement d'un plancher en béton armé suivant l'Eurocode 2

Note de calcul du vendredi 16 août 2019 à 18:15:07

Rédacteur : leflux_ingenierie

Chantier : a_définir

Logiciel : Plancher BA - version 3.0.0.0 2016 - 2019

1 - Rappel des hypothèses

1 - 1 Codes de calcul

- EN 1992-1-1 d'octobre 2005 et annexe nationale
- Pas de prise en compte des Recommandations professionnelles françaises - mars 2007.

1 - 2 Caractéristiques géométriques du plancher

Plancher unidirectionnel continue sur 4 appuis - Portée:

- Travée n°1: 5,35 m suivant X et 12,00 m suivant Y.
Dalle pleine coulée en place - hauteur: 20cm.
Appui gauche: 16 cm - Appui droit: 14cm - Appui haut: 16cm - Appui bas: 16cm.
- Travée n°2: 5,35 m suivant X et 12,00 m suivant Y.
Dalle pleine coulée en place - hauteur: 20cm.
Appui gauche: 14 cm - Appui droit: 14cm - Appui haut: 16cm - Appui bas: 16cm.
- Travée n°3: 5,35 m suivant X et 12,00 m suivant Y.
Dalle pleine coulée en place - hauteur: 20cm.
Appui gauche: 14 cm - Appui droit: 14cm - Appui haut: 16cm - Appui bas: 16cm.

1 - 3 Données sur les matériaux

- béton - fck = 25 MPa - diamètre granulats: 20 mm - Classe ciment: N
- armatures barres haute adhérence conforme EN 10080 - fyk = 500 MPa - classe ductilité B

1 - 4 Autres données

- Environnement :
 - Durée d'utilisation: 50 ans
 - Travée n°1: XC1
 - Travée n°2: XC1
 - Travée n°3: XC1
- Enrobage :
 - Travée n°1: inférieur = 2,0 cm; latéral = 2,0 cm; supérieur = 2,0 cm.
 - Travée n°2: inférieur = 2,0 cm; latéral = 2,0 cm; supérieur = 2,0 cm.
 - Travée n°3: inférieur = 2,0 cm; latéral = 2,0 cm; supérieur = 2,0 cm.
- Largeur de fissure admissible :
 - Travée n°1: Wmax = 0,40 mm
 - Travée n°2: Wmax = 0,40 mm
 - Travée n°3: Wmax = 0,40 mm
- Classe de la tenue au feu : travée n°1= Sans conditions - travée n°2= Sans conditions - travée n°3= Sans conditions -

1 - 5 Chargement

- Cas de charge par travée - Unités: daN/m² pour les charges et m pour les longueurs.

Cas	Nature	Schéma	Application	P1 ou P	P2	a	b	c	d
Travée n°1									
1	Permanente	1	Supérieure	600,0	-	-	-	-	-
2	Exploit. Cat. A/B	1	Supérieure	150,0	-	-	-	-	-
Travée n°2									
1	Permanente	1	Supérieure	600,0	-	-	-	-	-
2	Exploit. Cat. A/B	1	Supérieure	150,0	-	-	-	-	-
Travée n°3									



Logiciel Plancher BA - Exemple n°3

1	Permanente	1	Supérieure	600,0	-	-	-	-	-
2	Exploit. Cat. A/B	1	Supérieure	150,0	-	-	-	-	-

- Combinaisons

* 1 - ELU STR

1,35.[1]+1,50.[2]	1,35.[1]	1,35.[1]+1,50.[2]
Δ	Δ	Δ

* 2 - ELU STR

1,35.[1]	1,35.[1]+1,50.[2]	1,35.[1]
Δ	Δ	Δ

* 3 - ELU STR

1,35.[1]+1,50.[2]	1,35.[1]+1,50.[2]	1,35.[1]
Δ	Δ	Δ

* 4 - ELU STR

1,35.[1]	1,35.[1]+1,50.[2]	1,35.[1]+1,50.[2]
Δ	Δ	Δ

* 5 - ELU EQU

0,90.[1]	1,10.[1]+1,50.[2]	0,90.[1]
Δ	Δ	Δ

* 6 - ELS caractéristique

1,00.[1]+1,00.[2]	1,00.[1]	1,00.[1]+1,00.[2]
Δ	Δ	Δ

* 7 - ELS caractéristique

1,00.[1]	1,00.[1]+1,00.[2]	1,00.[1]
Δ	Δ	Δ

* 8 - ELS caractéristique

1,00.[1]+1,00.[2]	1,00.[1]+1,00.[2]	1,00.[1]
Δ	Δ	Δ

* 9 - ELS caractéristique

1,00.[1]	1,00.[1]+1,00.[2]	1,00.[1]+1,00.[2]
Δ	Δ	Δ

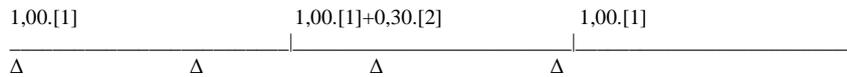
* 10 - ELS quasi-permanent

1,00.[1]+0,30.[2]	1,00.[1]	1,00.[1]+0,30.[2]
Δ	Δ	Δ

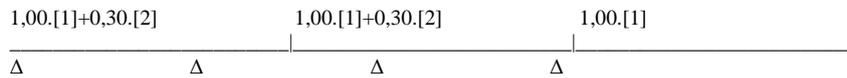


Δ Δ Δ Δ

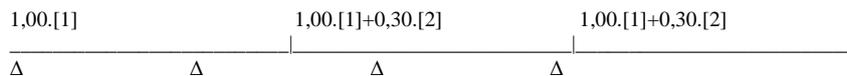
* 11 - ELS quasi-permanent



* 12 - ELS quasi-permanent



* 13 - ELS quasi-permanent



2 - Détermination des armatures de flexion

2 - 1 Calcul des sections d'acier

Les calculs sont réalisés avec les modélisations suivantes:

- Diagramme simplifié rectangulaire des contraintes de compression du béton suivant art. 3.1.7(3) - figure 3.5
- Diagramme élasto-plastique parfait pour l'acier suivant art. 3.2.7(2) avec prise en compte éventuelle d'une branche supérieure inclinée suivant valeur de la déformation de l'acier (voir tableau calcul ci-dessous).
- Analyse linéaire avec redistribution limitée des moments suivant art. 5.5: $\delta = 0,70$
- Ecrêtage des moments sur appui suivant conditions art. 5.3.2.2(4). Voir valeur ΔM dans tableau.
- Espacement minimal pour acier principal = 12,0 cm - Espacement Maximal pour acier principal = 40,0
- Espacement minimal pour acier secondaire = 12,0 cm - Espacement Maximal pour acier secondaire = 45,0 cm.

- Travée n°1

valeur des coefficients limites de redistribution - Appui droit:

- δ_{lim} eq 5.10: $\delta \geq \delta_1 = 0,507 \rightarrow OK$
- δ_{lim} pour la classe acier correspondante: $\delta \geq \delta_2 = 0,700 \rightarrow OK$

■ Armatures inférieures longitudinales en travée:

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mu	kN.m	30,0	moment Maxi à 233 cm de l'appui gauche
d	cm	17,5	hauteur utile
μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0580	> μ limite - Calcul en pivot B
α		0,0748	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	17,1	bras de levier
As inf	cm ² /ml	4,04	section acier armature inférieure
As min	cm ² /ml	2,37	section d'acier minimale
ϵ_c	‰	0,00	déformation maximale béton
ϵ_s	‰	43,30	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σ_s	MPa	464,69	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)



Logiciel Plancher BA - Exemple n°3

As corrigé	cm ² /ml	3,78	section acier armature optimisée
Sens NON porteur suivant Y			
As requis	cm ² /ml	0,76	section acier armature inférieure suivant Y (=20%)

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

Longitudinal porteur (suivant X): 58 HA10 - s = 21,0 cm soit Aire totale = 45,55 cm² et Aire répartie = 3,80 cm²/ml.

Transversal NON porteur (suivant Y): 15 HA6 - s = 38,0 cm soit Aire totale = 4,24 cm² et Aire répartie = 0,79 cm²/ml.

La longueur de barre suivant Y dépasse la longueur commerciale disponible, les barres sont doublées et disposées en portefeuille (voir plan de ferraillage).

■ Armatures supérieures sur appui gauche:

Reprise moment forfaitaire = 0,15.Mt Max Travée

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mu	kN.m	4,5	= 0,15.Mt Max
d	cm	17,7	hauteur utile
μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0086	< μ limite AB - Calcul en pivot A
α		0,0108	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	17,6	bras de levier
As sup G	cm ² /ml	0,55	section acier armature supérieure sur appui gauche
εc	‰	0,49	déformation maximale béton
εs	‰	45,00	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σs	MPa	465,93	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

Longitudinal porteur (suivant X): Lit n°1: 31 HA6 - s = 40,0 cm soit Aire totale = 8,77 cm² et Aire répartie = 0,73 cm²/ml.

■ Armatures supérieures sur appui droit:

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mus	kN.m	22,7	moment Maxi sur appui droit avant écrêtage
ΔM	kN.m	1,1	Valeur de l'écrêtage
Mur	kN.m	21,6	Moment retenu: Mur = Mus - ΔM
d	cm	17,6	hauteur utile
μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0419	< μ limite AB - Calcul en pivot A
α		0,0535	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	17,2	bras de levier
As sup Dr	cm ² /ml	2,69	section acier armature supérieure sur appui droit
εc	‰	2,54	déformation maximale béton
εs	‰	45,00	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σs	MPa	465,93	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)



Logiciel Plancher BA - Exemple n°3

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

Longitudinal porteur (suivant X): Lit n°1: 65 HA8 - s = 18,7 cm soit Aire totale = 32,67 cm² et Aire répartie = 2,72 cm²/ml.

■ Armatures supérieures sur appui haut et appui bas:

Moment développé identique pour les 2 appuis.

Calcul identique à celui de l'appui gauche - Pour les détails du calcul, voir tableau précédent.

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

sur appui Haut 13 HA6 - s = 44,5 cm soit Aire totale = 3,68 cm² et Aire répartie = 0,69 cm²/ml.

sur appui Bas: identique à l'appui haut.

- Travée n°2

valeur des coefficients de redistribution limites - Appui gauche:

- δ_{lim} eq 5.10: $\delta \geq \delta_1 = 0,507$ -> OK

- δ_{lim} pour la classe acier correspondante: $\delta \geq \delta_2 = 0,700$ -> OK

valeur des coefficients de redistribution limites - Appui droit:

- δ_{lim} eq 5.10: $\delta \geq \delta_1 = 0,495$ -> OK

- δ_{lim} pour la classe acier correspondante: $\delta \geq \delta_2 = 0,700$ -> OK

■ Armatures inférieures longitudinales en travée:

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mu	kN.m	19,5	moment Maxi à 268 cm de l'appui gauche
d	cm	17,6	hauteur utile
μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0378	< μ limite AB - Calcul en pivot A
α		0,0482	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	17,3	bras de levier
As inf	cm ² /ml	2,43	section acier armature inférieure
As min	cm ² /ml	2,38	section d'acier minimale
ϵ_c	‰	2,28	déformation maximale béton
ϵ_s	‰	45,00	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σ_s	MPa	465,93	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)
Sens NON porteur suivant Y			
As requis	cm ² /ml	0,49	section acier armature inférieure suivant Y (=20%)

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

Longitudinal porteur (suivant X): 58 HA8 - s = 21,0 cm soit Aire totale = 29,15 cm² et Aire répartie = 2,43 cm²/ml.

Transversal NON porteur (suivant Y): 13 HA6 - s = 44,5 cm soit Aire totale = 3,68 cm² et Aire répartie = 0,69 cm²/ml.

La longueur de barre suivant Y dépasse la longueur commerciale disponible, les barres sont doublées et disposées en portefeuille (voir plan de ferraillage).

■ Armatures supérieures sur appui gauche:

Ferraillage identique avec le calcul de l'appui droit de la travée précédente car données identiques - Pour les détails du calcul, voir tableau de la travée précédente.

■ Armatures supérieures sur appui droit:

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mus	kN.m	22,6	moment Maxi sur appui droit avant écrêtage



ΔM	kN.m	1,1	Valeur de l'écrêtage
Mur	kN.m	21,5	Moment retenu: Mur = Mus - ΔM
d	cm	17,6	hauteur utile
μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0417	$< \mu$ limite AB - Calcul en pivot A
α		0,0533	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	17,2	bras de levier
As sup Dr	cm ² /ml	2,68	section acier armature supérieure sur appui droit
ϵ_c	‰	2,53	déformation maximale béton
ϵ_s	‰	45,00	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σ_s	MPa	465,93	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

Longitudinal porteur (suivant X): Lit n°1: 65 HA8 - s = 18,7 cm soit Aire totale = 32,67 cm² et Aire répartie = 2,72 cm²/ml.

■ **Armatures supérieures sur appui haut et appui bas:**

Moment développé identique pour les 2 appuis.

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mu	kN.m	2,9	= 0,15.Mt Maxi
d	cm	18,0	hauteur utile
μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0054	$< \mu$ limite AB - Calcul en pivot A
α		0,0068	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	18,0	bras de levier
As sup	cm ² /ml	0,35	section acier armature supérieure sur appui Haut et/ou Bas
ϵ_c	‰	0,31	déformation maximale béton
ϵ_s	‰	45,00	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σ_s	MPa	465,93	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

sur appui Haut 13 HA6 - s = 44,5 cm soit Aire totale = 3,68 cm² et Aire répartie = 0,69 cm²/ml.

sur appui Bas: identique à l'appui haut.

- Travée n°3

valeur des coefficients de redistribution limites - Appui gauche:

- δ_{lim} eq 5.10: $\delta \geq \delta_1 = 0,495$ -> OK

- δ_{lim} pour la classe acier correspondante: $\delta \geq \delta_2 = 0,700$ -> OK

■ **Armatures inférieures longitudinales en travée:**

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mu	kN.m	29,9	moment Maxi à 302 cm de l'appui gauche
d	cm	17,5	hauteur utile



μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0585	> μ limite - Calcul en pivot B
α		0,0754	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	17,0	bras de levier
As inf	cm ² /ml	4,05	section acier armature inférieure
As min	cm ² /ml	2,37	section d'acier minimale
ϵ_c	‰	0,00	déformation maximale béton
ϵ_s	‰	42,92	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σ_s	MPa	464,42	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)
As corrigé	cm ² /ml	3,79	section acier armature optimisée
Sens NON porteur suivant Y			
As requis	cm ² /ml	0,76	section acier armature inférieure suivant Y (=20%)

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

Longitudinal porteur (suivant X): 58 HA10 - s = 21,0 cm soit Aire totale = 45,55 cm² et Aire répartie = 3,80 cm²/ml.
 Transversal NON porteur (suivant Y): 15 HA6 - s = 38,0 cm soit Aire totale = 4,24 cm² et Aire répartie = 0,79 cm²/ml.
 La longueur de barre suivant Y dépasse la longueur commerciale disponible, les barres sont doublées et disposées en portefeuille (voir plan de ferraillage).

■ **Armatures supérieures sur appui gauche:**

Ferraillage identique avec le calcul de l'appui droit de la travée précédente car données identiques - Pour les détails du calcul, voir tableau de la travée précédente.

■ **Armatures supérieures sur appui droit:**

Reprise moment forfaitaire = 0,15.M0

Variables	Unité	Valeur	Observations
Sens porteur suivant X			
Mu	kN.m	4,5	= 0,15.Mt Max
d	cm	17,7	hauteur utile
μ limite		0,0561	moment réduit limite AB
μ		0,0086	< μ limite AB - Calcul en pivot A
α		0,0108	Rapport x/d (axe neutre/hauteur utile)
Zu	cm	17,6	bras de levier
As sup Dr	cm ² /ml	0,55	section acier armature supérieure sur appui droit
ϵ_c	‰	0,49	déformation maximale béton
ϵ_s	‰	45,00	déformation maximale acier - Limite plasticité = 2,17‰
σ_s	MPa	465,93	modélisation avec palier incliné (à comparer à 434,8MPa)

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

Longitudinal porteur (suivant X): Lit n°1: 31 HA6 - s = 40,0 cm soit Aire totale = 8,77 cm² et Aire répartie = 0,73 cm²/ml.

■ **Armatures supérieures sur appui haut et appui bas:**

Moment développé identique pour les 2 appuis.

Calcul identique à celui de l'appui droit - Pour les détails du calcul, voir tableau précédent.

Ferraillage retenu (de la génératrice extérieure vers l'intérieur de la dalle):

sur appui Haut 13 HA6 - s = 44,5 cm soit Aire totale = 3,68 cm² et Aire répartie = 0,69 cm²/ml.
 sur appui Bas: identique à l'appui haut.



2 - 2 Epure des armatures

- Clause générale

EN1992-1-1 A9.2.1.4(2) modifié par AN et commission EC2: $FE = [Ved].a_1/z + Med/z$ ($Ned = 0$ en flexion simple).

Pour les appuis d'extrémités, le 1ier lit inférieur est ancré totalement quelque soit la valeur de Ved (EN1992-1-1 A9.2.1.4(3)).

- Travée n°1

Valeur du décalage de la courbe enveloppe du moment sollicitant: $a_1 = 0,18$ m (eq. 9.2 de l'EN1992-1-1).

■ Vérification de l'ancrage des aciers sur appui

La travée comporte 1 seul lit inférieur.

Variables	Unité	Valeur	Observations
As1	cm ² /ml	3,80	Aire répartie du lit inférieur n°1
z	m	0,158	$z = 0.9.d$
Appui gauche			
Θ'	°	46,64	angle de la bielle moyenne d'appui
Ved	kN	24,09	au nu de l'appui - En valeur absolue.
FE	kN	22,75	Effort de traction à ancrer sur l'appui
Agl	cm ²	0,52	Section minimale pour reprise effort de traction
Agl < As1 -> Lit n°1 totalement ancré - Prise en compte section mini (= 2,37 cm ²)			
Appui droit			
Θ'	°	46,64	angle de la bielle moyenne d'appui
Ved	kN	31,28	au nu de l'appui - En valeur absolue.
Med	kN.m	-17,31	Moment sur appui - En valeur algébrique.
FE	kN	<0	Uniquement disposition constructive applicable (voir ci-dessous)
Agl	cm ²	S.O.	1ier lit prolongé sur appui (disp. constructive)
Ancrage du Lit n°1 sur valeur constructive (10.Ø)			

■ Epure des aciers

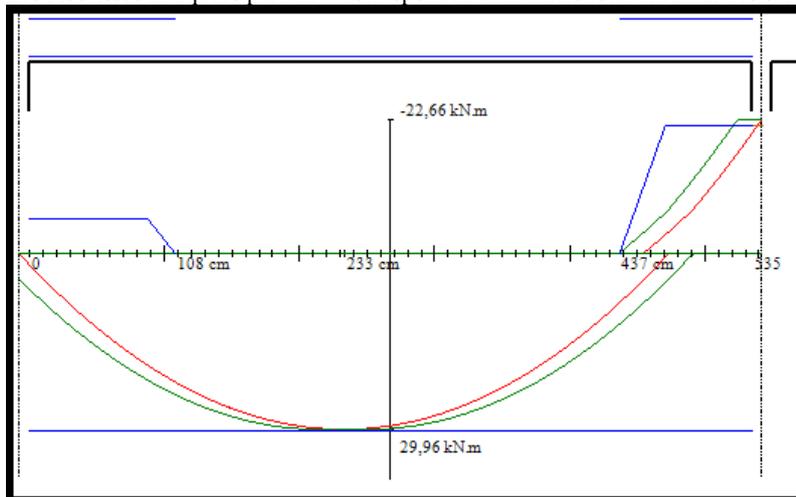
L'origine de l'abscisse est le nu de l'appui gauche (ou l'extrémité de la console gauche pour la 1ière travée dans le cas d'une console).

	Unité	Lit n°1	Lit n°2	Lit n°3
Section en travée	cm ² /ml	3,80		
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	30,1		
Calcul sur moment forfaitaire - Ancrage sur longueur forfaitaire	m	0,00 *		
Abscisse origine de l'ancrage	m	0,00		
Interception courbe enveloppe moment sollicitant décalé (2ième point)	m	5,35 *		
Abscisse origine de l'ancrage (2ième point)	m	5,35		
Section sur appui gauche	cm ² /ml	0,73		
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	6,0		
Calcul sur moment forfaitaire - Ancrage sur longueur forfaitaire	m	0,87		



Abscisse origine de l'ancrage	m	1,08
Section sur appui droit		
Cumul Moment Ultime Résistant	cm ² /ml	2,72
Calcul sur moment forfaitaire - Ancrage sur longueur forfaitaire	kN.m	21,8
Calcul sur moment forfaitaire - Ancrage sur longueur forfaitaire	m	4,71
Abscisse origine de l'ancrage	m	4,37

Les Abscisses marquées par une * correspondent aux aciers totalement ancrés sur appui.



- Travée n°2

Valeur du décalage de la courbe enveloppe du moment sollicitant: $a_l = 0,18$ m (eq. 9.2 de l'EN1992-1-1).

■ Vérification de l'ancrage des aciers sur appui

La travée comporte 1 seul lit inférieur.

Variabes	Unité	Valeur	Observations
As1	cm ² /ml	2,43	Aire répartie du lit inférieur n°1
z	m	0,158	$z = 0.9.d$
Appui gauche			
Θ'	°	46,71	angle de la bielle moyenne d'appui
Ved	kN	26,98	au nu de l'appui - En valeur absolue.
Med	kN.m	-16,81	Moment sur appui - En valeur algébrique.
FE	kN	<0	Uniquement disposition constructive applicable (voir ci-dessous)
Agl	cm ²	S.O.	1ier lit prolongé sur appui (disp. constructive)
Ancrage du Lit n°1 sur valeur constructive (10.Ø)			
Appui droit			
Θ'	°	46,71	angle de la bielle moyenne d'appui
Ved	kN	26,95	au nu de l'appui - En valeur absolue.
Med	kN.m	-16,75	Moment sur appui - En valeur algébrique.
FE	kN	<0	Uniquement disposition constructive applicable (voir ci-dessous)
Agl	cm ²	S.O.	1ier lit prolongé sur appui (disp. constructive)



Ancrage du Lit n°1 sur valeur constructive (10.Ø)

■ Epure des aciers

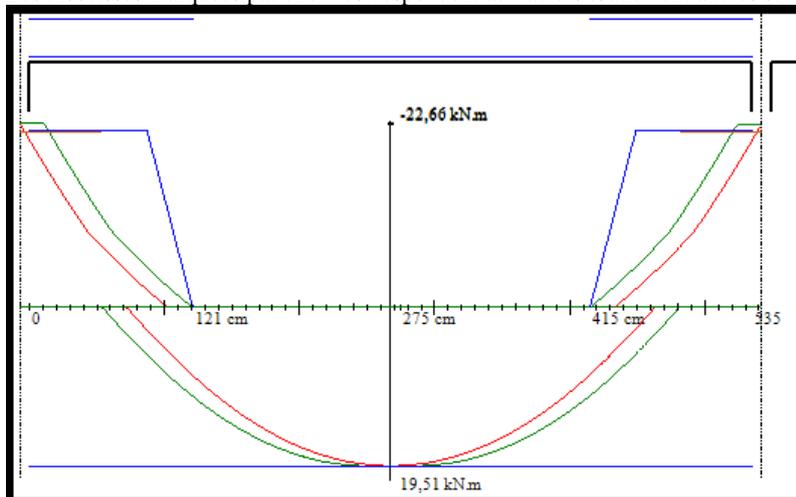
L'origine de l'abscisse est le nu de l'appui gauche (ou l'extrémité de la console gauche pour la 1^{ère} travée dans le cas d'une console).

	Unité	Lit n°1	Lit n°2	Lit n°3
Section en travée	cm ² /ml	2,43		
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	19,5		
Interception courbe enveloppe moment sollicitant décalé	m	0,00 *		
Abscisse origine de l'ancrage	m	0,00		
Interception courbe enveloppe moment sollicitant décalé (2 ^{ème} point)	m	5,35 *		
Abscisse origine de l'ancrage (2 ^{ème} point)	m	5,35		

Section sur appui gauche	cm ² /ml	2,72
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	21,8
Interception courbe enveloppe moment sollicitant décalé	m	0,87
Abscisse origine de l'ancrage	m	1,21

Section sur appui droit	cm ² /ml	2,72
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	21,9
Interception courbe enveloppe moment sollicitant décalé	m	4,49
Abscisse origine de l'ancrage	m	4,15

Les Abscisses marquées par une * correspondent aux aciers totalement ancrés sur appui.

**- Travée n°3**

Valeur du décalage de la courbe enveloppe du moment sollicitant: $a_l = 0,18$ m (eq. 9.2 de l'EN1992-1-1).

■ Vérification de l'ancrage des aciers sur appui

La travée comporte 1 seul lit inférieur.

Variation	Unité	Valeur	Observations
As1	cm ² /ml	3,80	Aire répartie du lit inférieur n°1



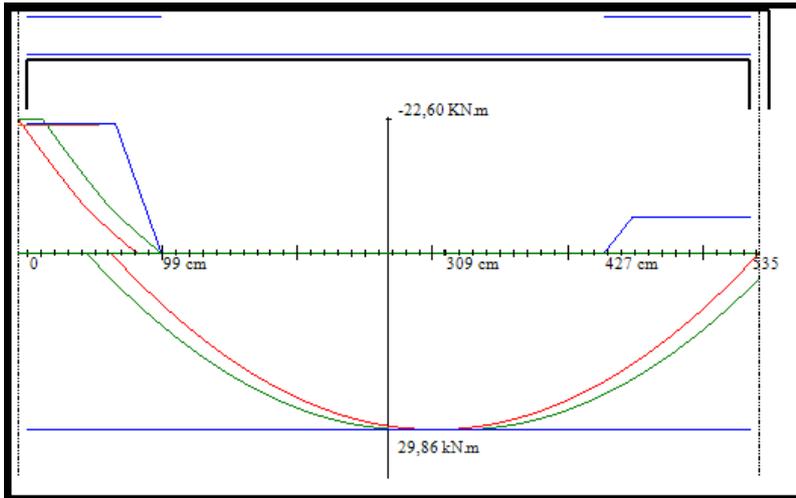
z	m	0,158	z = 0.9.d
Appui gauche			
Θ'	°	46,64	angle de la bielle moyenne d'appui
Ved	kN	31,23	au nu de l'appui - En valeur absolue.
Med	kN.m	-17,24	Moment sur appui - En valeur algébrique.
FE	kN	<0	Uniquement disposition constructive applicable (voir ci-dessous)
Agl	cm ²	S.O.	1er lit prolongé sur appui (disp. constructive)
Ancrage du Lit n°1 sur valeur constructive (10.Ø)			
Appui droit			
Θ'	°	48,62	angle de la bielle moyenne d'appui
Ved	kN	24,15	au nu de l'appui - En valeur absolue.
FE	kN	21,27	Effort de traction à ancrer sur l'appui
Agl	cm ²	0,49	Section minimale pour reprise effort de traction
Agl < As1 -> Lit n°1 totalement ancré - Prise en compte section mini (= 2,37 cm ²)			

■ **Epure des aciers**

L'origine de l'abscisse est le nu de l'appui gauche (ou l'extrémité de la console gauche pour la 1^{ère} travée dans le cas d'une console).

	Unité	Lit n°1	Lit n°2	Lit n°3
Section en travée	cm ² /ml	3,80		
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	29,9		
Calcul sur moment forfaitaire - Ancrage sur longueur forfaitaire	m	0,00 *		
Abscisse origine de l'ancrage	m	0,00		
Interception courbe enveloppe moment sollicitant décalé (2 ^{ème} point)	m	5,35 *		
Abscisse origine de l'ancrage (2 ^{ème} point)	m	5,35		
Section sur appui gauche	cm ² /ml	2,72		
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	21,9		
Calcul sur moment forfaitaire - Ancrage sur longueur forfaitaire	m	0,65		
Abscisse origine de l'ancrage	m	0,99		
Section sur appui droit	cm ² /ml	0,73		
Cumul Moment Ultime Résistant	kN.m	6,0		
Calcul sur moment forfaitaire - Ancrage sur longueur forfaitaire	m	4,48		
Abscisse origine de l'ancrage	m	4,27		

Les Abscisses marquées par une * correspondent aux aciers totalement ancrés sur appui.



3 - Vérifications à l'Etat Limite de Service

3 - 1 Limitation des contraintes

Vérification des contraintes de flexion sous combinaison ELS caractéristique

- Toutes travées : $\sigma_s \leq 0,8.f_{yk}$

Variables	Unité	Valeur	Observations
Travée n°1			
Vérification contraintes de flexion en travée			
Ms	kN.m	19,06	moment Maxi
x	m	2,18	abscisse depuis nu appui gauche du moment Maxi
d	cm	17,5	hauteur utile
As	cm²/ml	3,80	section acier répartie ELU armature inférieure
y	cm	3,9	axe neutre
If	dm4	1,2509	inertie fissurée
σ_b	MPa	5,99	contrainte béton - $\sigma_b < 0,6.f_{ck} = 15,00$ MPa - OK
σ_s	MPa	310,14	σ acier - $\sigma_s < 0,8.f_{yk} = 400,0$ MPa - OK
Vérification contraintes de flexion sur appui droit			
Ms	kN.m	22,60	moment Maxi à l'axe de l'appui après écrêtage
d	cm	17,6	hauteur utile
As	cm²/ml	2,72	section acier répartie ELU armature supérieure
y	cm	3,4	axe neutre
If	dm4	0,9545	inertie fissurée
σ_b	MPa	8,06	contrainte béton - $\sigma_b < 0,6.f_{ck} = 15,00$ MPa - OK
σ_s	MPa	504,24	σ acier - $\sigma_s > 0,8.f_{yk} = 400,0$ MPa - NS (As min = 3,65 cm²)
Travée n°2			
Vérification contraintes de flexion en travée			
Ms	kN.m	7,90	moment Maxi
x	m	2,68	abscisse depuis nu appui gauche du moment Maxi



d	cm	17,6	hauteur utile
As	cm ² /ml	2,43	section acier répartie ELU armature inférieure
y	cm	3,2	axe neutre
If	dm ⁴	0,8649	inertie fissurée
σ _b	MPa	2,95	contrainte béton - σ _b < 0,6.f _{ck} = 15,00 MPa - OK
σ _s	MPa	196,72	σ acier - σ _s < 0,8.f _{yk} = 400,0 MPa - OK
Vérification contraintes de flexion sur appui gauche - Voir appui droit travée précédente			
Vérification contraintes de flexion sur appui droit			
Ms	kN.m	22,54	moment Maxi à l'axe de l'appui après écrêtage
d	cm	17,6	hauteur utile
As	cm ² /ml	2,72	section acier répartie ELU armature supérieure
y	cm	3,4	axe neutre
If	dm ⁴	0,9545	inertie fissurée
σ _b	MPa	8,04	contrainte béton - σ _b < 0,6.f _{ck} = 15,00 MPa - OK
σ _s	MPa	502,71	σ acier - σ _s > 0,8.f _{yk} = 400,0 MPa - NS (As min = 3,64 cm ²)
Travée n°3			
Vérification contraintes de flexion en travée			
Ms	kN.m	19,00	moment Maxi
x	m	3,17	abscisse depuis nu appui gauche du moment Maxi
d	cm	17,5	hauteur utile
As	cm ² /ml	3,80	section acier répartie ELU armature inférieure
y	cm	3,9	axe neutre
If	dm ⁴	1,2509	inertie fissurée
σ _b	MPa	5,97	contrainte béton - σ _b < 0,6.f _{ck} = 15,00 MPa - OK
σ _s	MPa	309,08	σ acier - σ _s < 0,8.f _{yk} = 400,0 MPa - OK
Vérification contraintes de flexion sur appui gauche - Voir appui droit travée précédente			

3 - 2 Maitrise de la fissuration

Travée n°1:

Travée classée XC1 - pas de calcul de fissuration demandé, les dispositions constructives suffisent à assurer la maitrise de la fissuration.

Limite de la fissuration W_{max} = 0,40 mm.

Travée n°2: idem que travée précédente.

Travée n°3: idem que travée précédente.

3 - 3 Détermination des flèches

Détermination des conditions limites de flèches par le calcul des élancements suivant les dispositions de l'EN1992-1-1 §7.4.2

Variables	Unité	Valeur	Observations
ρ ₀	%	0,50	Pourcentage d'armature de référence
Travée n°1:			
ρ	%	0,22	Pourcentage d'armature de traction à mi-portée
K		1,75	coef. eq 7.16



As maj		1,00	coef. majorateur issue de l'eq 7.17
lim(l/d)		32,38	valeur limite du rapport portée/hauteur
L	m	5,50	Portée de la dalle
d	m	0,175	hauteur utile de la dalle
l/d		30,57	L/d < limite(l/d) - Rapport L/d satisfaisant - Calcul de flèche inutile
Travée n°2:			
ρ	%	0,14	Pourcentage d'armature de traction à mi-portée
K		2,00	coef. eq 7.16
As maj		1,00	coef. majorateur issue de l'eq 7.17
lim(l/d)		37,06	valeur limite du rapport portée/hauteur
L	m	5,49	Portée de la dalle
d	m	0,176	hauteur utile de la dalle
l/d		30,40	L/d < limite(l/d) - Rapport L/d satisfaisant - Calcul de flèche inutile
Travée n°3:			
ρ	%	0,22	Pourcentage d'armature de traction à mi-portée
K		1,75	coef. eq 7.16
As maj		1,00	coef. majorateur issue de l'eq 7.17
lim(l/d)		32,38	valeur limite du rapport portée/hauteur
L	m	5,49	Portée de la dalle
d	m	0,175	hauteur utile de la dalle
l/d		30,57	L/d < limite(l/d) - Rapport L/d satisfaisant - Calcul de flèche inutile

Travée n°1 : les élancements ne dépassent pas les limites autorisées par l'Eurocode, les conditions de flèche sont vérifiées.

Travée n°2 : les élancements ne dépassent pas les limites autorisées par l'Eurocode, les conditions de flèche sont vérifiées.

Travée n°3 : les élancements ne dépassent pas les limites autorisées par l'Eurocode, les conditions de flèche sont vérifiées.

4 - Dimensionnement de la section de béton et des armatures à l'Effort Tranchant

4 - 1 Clauses générales

Hypothèses générales prises pour le calcul de l'ensemble des travées:

- Angle Θ de la bielle béton comprimé: 45° soit $\text{Cot}(\Theta)=1$
- Angle α des armatures d'effort tranchant (si existe): 90° soit $\text{Cot}(\alpha)=0$
- [EC2, 6.2.3(5)] - Décalage de l'Effort Tranchant: Non appliqué
- Minoration pour les charges appliquées près de l'appui pour le calcul de l'Effort Tranchant suivant conditions de l'article 6.2.1(8) de l'EN1992-1-1: Non appliqué
- Espacement 1er cadre: $S_t/2$
- \emptyset Maxi de l'armature d'effort tranchant = \emptyset de l'armature longitudinale

4 - 2 Travée n°1

Vérification de l'effort tranchant résistant de calcul

Variables	Unité	Valeur	Observations
d	cm	17,5	bras de levier pour calcul eq. 6.2a 6.2b et armatures effort tranchant
Ved_G	kN	24,1	$\ \text{Ved} \ $ au nu de l'appui gauche



Ved_D	kN	31,9	$\ Ved \ $ au nu de l'appui droit
Vrdc min	kN	198,3	Effort tranchant résistant de calcul - valeur minimale Vrdc eq 6.2b
Vrdc eq6.2a	kN	75,9	Effort tranchant résistant de calcul - Vrdc suivant eq 6.2a
Vrdc	kN	198,3	Valeur retenue pour Effort tranchant résistant de calcul Vrdc
$\ Ved \ < Vrdc$ - Plancher sans armature d'effort tranchant			

4 - 3 Travée n°2

Vérification de l'effort tranchant résistant de calcul

Variables	Unité	Valeur	Observations
d	cm	17,6	bras de levier pour calcul eq. 6.2a 6.2b et armatures effort tranchant
Ved_G	kN	28,4	$\ Ved \ $ au nu de l'appui gauche
Ved_D	kN	28,4	$\ Ved \ $ au nu de l'appui droit
Vrdc min	kN	199,5	Effort tranchant résistant de calcul - valeur minimale Vrdc eq 6.2b
Vrdc eq6.2a	kN	48,6	Effort tranchant résistant de calcul - Vrdc suivant eq 6.2a
Vrdc	kN	199,5	Valeur retenue pour Effort tranchant résistant de calcul Vrdc
$\ Ved \ < Vrdc$ - Plancher sans armature d'effort tranchant			

4 - 4 Travée n°3

Vérification de l'effort tranchant résistant de calcul

Variables	Unité	Valeur	Observations
d	cm	17,5	bras de levier pour calcul eq. 6.2a 6.2b et armatures effort tranchant
Ved_G	kN	31,8	$\ Ved \ $ au nu de l'appui gauche
Ved_D	kN	24,1	$\ Ved \ $ au nu de l'appui droit
Vrdc min	kN	198,3	Effort tranchant résistant de calcul - valeur minimale Vrdc eq 6.2b
Vrdc eq6.2a	kN	75,9	Effort tranchant résistant de calcul - Vrdc suivant eq 6.2a
Vrdc	kN	198,3	Valeur retenue pour Effort tranchant résistant de calcul Vrdc
$\ Ved \ < Vrdc$ - Plancher sans armature d'effort tranchant			

5 - Vérification des appuis

Seuls les appuis perpendiculaires au sens directionnel du plancher sont vérifiés.

5 - 1 Dimensions des appuis

Appui gauche - travée 1 :

■ Détermination de l'angle de la bielle d'about

calcul de l'angle suivant disposition EN1992-1- Art.9.2.1.4(2)

Angle de la bielle d'about θ' : 46,64° (suivant eq.9.17 de l'AN)

■ Vérification de la bielle en zone courante

Application de la clause 6.5.2(2) de l'EN1992-1-1

Contrainte maximale autorisée: $\sigma_{RdMax} = 0.6 \cdot v \cdot f_{cd}$ (eq 6.56) soit: 9,00 MPa.

Effort de compression dans la bielle : 33,14 kN.

Dimension transversale minimale de la bielle : 0,4 cm.

■ Vérification du noeud

Application de la clause 6.5.4(4).b) de l'EN1992-1-1: appui avec compression et traction et tirant dans une seule direction.

La charge s'applique sur 1 m d'appui.



Contrainte maximale autorisée: $\sigma_{RdMax} = 0.85.v'.fcd$ (eq 6.61) soit: 12,75 MPa.
 Effort vertical maximal: 24,09 kN (soit VEd au nu de l'appui - voir § Effort Tranchant).
 longueur d'appui a1: 14,0 cm.
 longueur d'appui a2: 12,2 cm.
 Facette appui: $\sigma_{Rd1} (=Ved/bw.a1)$: 0,17 MPa < σ_{RdMax} - OK
 Facette poutre: $\sigma_{Rd2} (=Ved/bw.a2.Sin\Theta')$: 0,27 MPa < σ_{RdMax} - OK

Appui intermédiaire entre travée 1 et travée 2 :

■ **Détermination de l'angle des bielles**

calcul de l'angle suivant disposition EN1992-1- Art.9.2.1.4(2)
 Angle Θ' de la bielle côté gauche de l'appui : 48,62° (suivant eq.9.17 de l'AN)
 Angle Θ' de la bielle côté droit de l'appui: 48,69° (suivant eq.9.17 de l'AN)

■ **Vérification de la bielle en zone courante**

Application de la clause 6.5.2(2) de l'EN1992-1-1
 Contrainte maximale autorisée: $\sigma_{RdMax} = 0.6.v'.fcd$ (eq 6.56) soit: 9,00 MPa.
 Bielle côté gauche: - effort de compression: 42,46 kN.
 - dimension transversale minimale : 0,5 cm.
 Bielle côté droit: - effort de compression: 35,44 kN.
 - dimension transversale minimale : 0,4 cm.

■ **Vérification du noeud**

Application de la clause 6.5.4(4).a) de l'EN1992-1-1: appui avec compression et sans tirant.
 La largeur de l'appui est, à minima, égale à la largeur de la poutre.
 Contrainte maximale autorisée: $\sigma_{RdMax} = 0.85.v'.fcd$ (eq 6.61) soit: 12,75 MPa.
 longueur d'appui a1: 12,0 cm.
 longueur d'appui a2: 11,0 cm (côté gauche).
 longueur d'appui a3: 11,0 cm (côté droit).
 Combinaison conduisant à l'effort vertical maximal à gauche de l'appui: 3
 Effort vertical maximal: 31,86 kN (soit VEd au nu de l'appui côté gauche).
 Effort vertical côté droit de l'appui pour la même combinaison: 23,68 kN.
 Facette appui: $\sigma_{Rd1} (=Vedg+Vedd)/bw.a1)$: 0,46 MPa.
 < σ_{RdMax} - OK
 Facette poutre côté gauche: $\sigma_{Rd2} (=Vedg/bw.a2.Sin\Theta'g')$: 0,39 MPa < σ_{RdMax} - OK
 Facette poutre côté droit: $\sigma_{Rd3} (=Vedd/bw.a3.Sin\Theta'd')$: 0,29 MPa < σ_{RdMax} - OK

Combinaison conduisant à l'effort vertical maximal à droite de l'appui: 3
 Même combinaison que pour le côté gauche - Voir vérification ci-dessus.

Appui droit - travée 3 :

■ **Détermination de l'angle de la bielle d'about**

calcul de l'angle suivant disposition EN1992-1- Art.9.2.1.4(2)
 Angle de la bielle d'about Θ' : 48,62° (suivant eq.9.17 de l'AN)

■ **Vérification de la bielle en zone courante**

Application de la clause 6.5.2(2) de l'EN1992-1-1
 Contrainte maximale autorisée: $\sigma_{RdMax} = 0.6.v'.fcd$ (eq 6.56) soit: 9,00 MPa.
 Effort de compression dans la bielle : 32,18 kN.
 Dimension transversale minimale de la bielle : 0,4 cm.

■ **Vérification du noeud**

Application de la clause 6.5.4(4).b) de l'EN1992-1-1: appui avec compression et traction et tirant dans une seule direction.
 La charge s'applique sur 1 m d'appui.
 Contrainte maximale autorisée: $\sigma_{RdMax} = 0.85.v'.fcd$ (eq 6.61) soit: 12,75 MPa.
 Effort vertical maximal: 24,15 kN (soit VEd au nu de l'appui - voir § Effort Tranchant).
 longueur d'appui a1: 12,0 cm.
 longueur d'appui a2: 11,0 cm.
 Facette appui: $\sigma_{Rd1} (=Ved/bw.a1)$: 0,20 MPa < σ_{RdMax} - OK
 Facette poutre: $\sigma_{Rd2} (=Ved/bw.a2.Sin\Theta')$: 0,29 MPa < σ_{RdMax} - OK

5 - 2 Valeurs des réactions d'appuis

Appui n°1		
Comb. n° 1 - ELU STR	Réaction d'appui = 24,09 KN.	



Comb. n° 2 - ELU STR	Réaction d'appui = 18,09 KN.	
Comb. n° 3 - ELU STR	Réaction d'appui = 23,52 KN.	
Comb. n° 4 - ELU STR	Réaction d'appui = 18,23 KN.	
Comb. n° 5 - ELU EQU	Réaction d'appui = 10,51 KN.	
Appui n°2		
Comb. n° 1 - ELU STR	Réaction d'appui = 52,96 KN.	
Comb. n° 2 - ELU STR	Réaction d'appui = 52,95 KN.	
Comb. n° 3 - ELU STR	Réaction d'appui = 60,28 KN.	
Comb. n° 4 - ELU STR	Réaction d'appui = 52,08 KN.	
Comb. n° 5 - ELU EQU	Réaction d'appui = 42,06 KN.	
Appui n°3		
Comb. n° 1 - ELU STR	Réaction d'appui = 52,88 KN.	
Comb. n° 2 - ELU STR	Réaction d'appui = 52,88 KN.	
Comb. n° 3 - ELU STR	Réaction d'appui = 52,02 KN.	
Comb. n° 4 - ELU STR	Réaction d'appui = 60,20 KN.	
Comb. n° 5 - ELU EQU	Réaction d'appui = 42,02 KN.	
Appui n°4		
Comb. n° 1 - ELU STR	Réaction d'appui = 24,15 KN.	
Comb. n° 2 - ELU STR	Réaction d'appui = 18,13 KN.	
Comb. n° 3 - ELU STR	Réaction d'appui = 18,27 KN.	
Comb. n° 4 - ELU STR	Réaction d'appui = 23,57 KN.	
Comb. n° 5 - ELU EQU	Réaction d'appui = 10,54 KN.	

6 - Vérification des trémies

Aucune trémie

7 - Résistance au feu

- Travée 1: aucune stabilité au feu demandée.
- Travée 2: aucune stabilité au feu demandée.
- Travée 3: aucune stabilité au feu demandée.

8 - Avertissements

Enrobage: aucune mesure d'harmonisation d'enrobage entre les différentes travées n'a été prise.

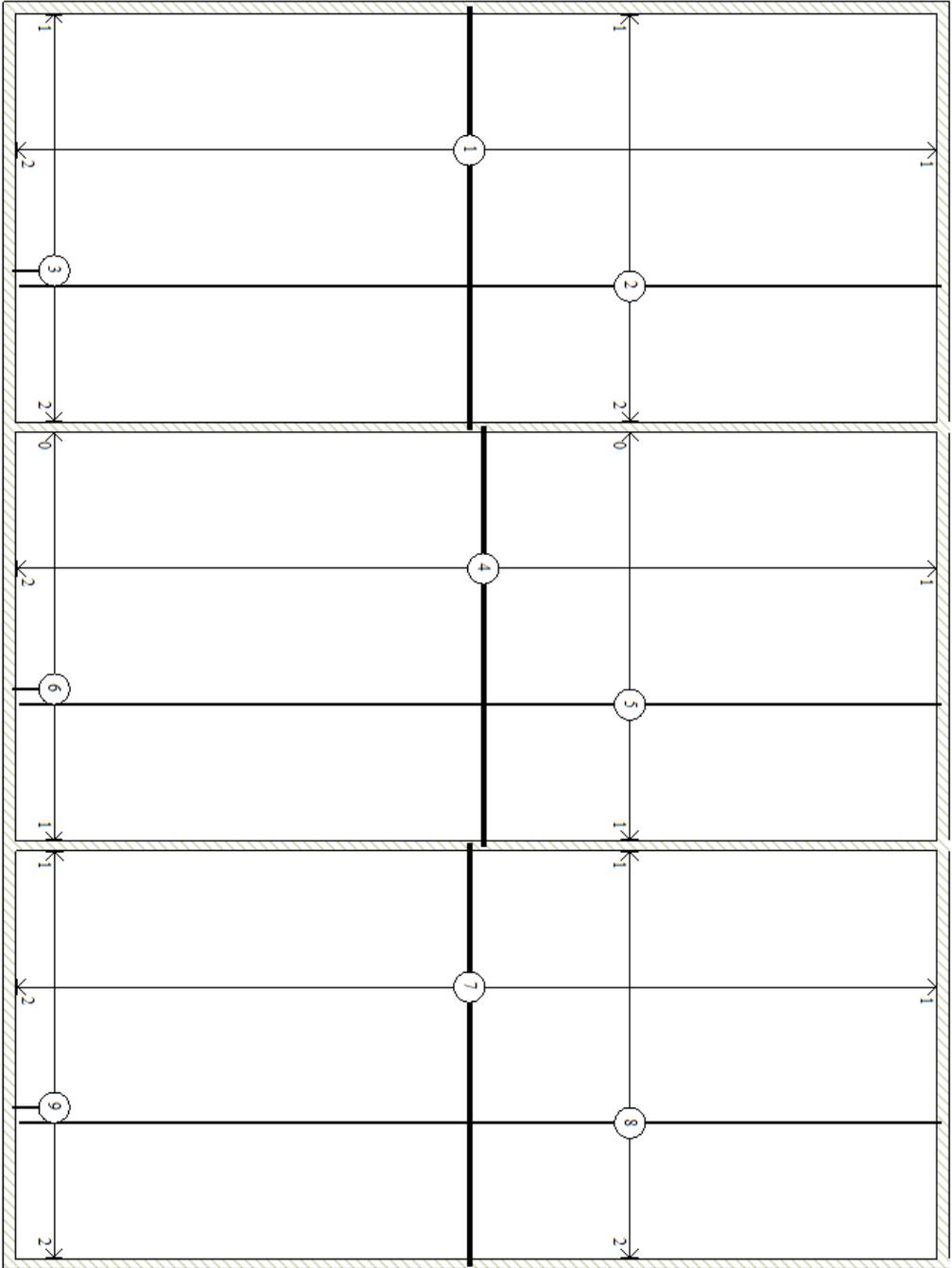
Calcul section ELS - travée1 : $\sigma_s > 0,8 \cdot f_{yk}$ car $A_s(ELS) (= 3,65 \text{ cm}^2) > A_s(ELU)(= 2,72 \text{ cm}^2)$

Calcul section ELS - travée2 : $\sigma_s > 0,8 \cdot f_{yk}$ car $A_s(ELS) (= 3,65 \text{ cm}^2) > A_s(ELU)(= 2,72 \text{ cm}^2)$

Calcul section ELS - travée2 : $\sigma_s > 0,8 \cdot f_{yk}$ car $A_s(ELS) (= 3,64 \text{ cm}^2) > A_s(ELU)(= 2,72 \text{ cm}^2)$

Calcul section ELS - travée3 : $\sigma_s > 0,8 \cdot f_{yk}$ car $A_s(ELS) (= 3,64 \text{ cm}^2) > A_s(ELU)(= 2,72 \text{ cm}^2)$

PLAN DE FERRAILLAGE : Armatures inférieures



NOMENCLATURE DES ARMATURES

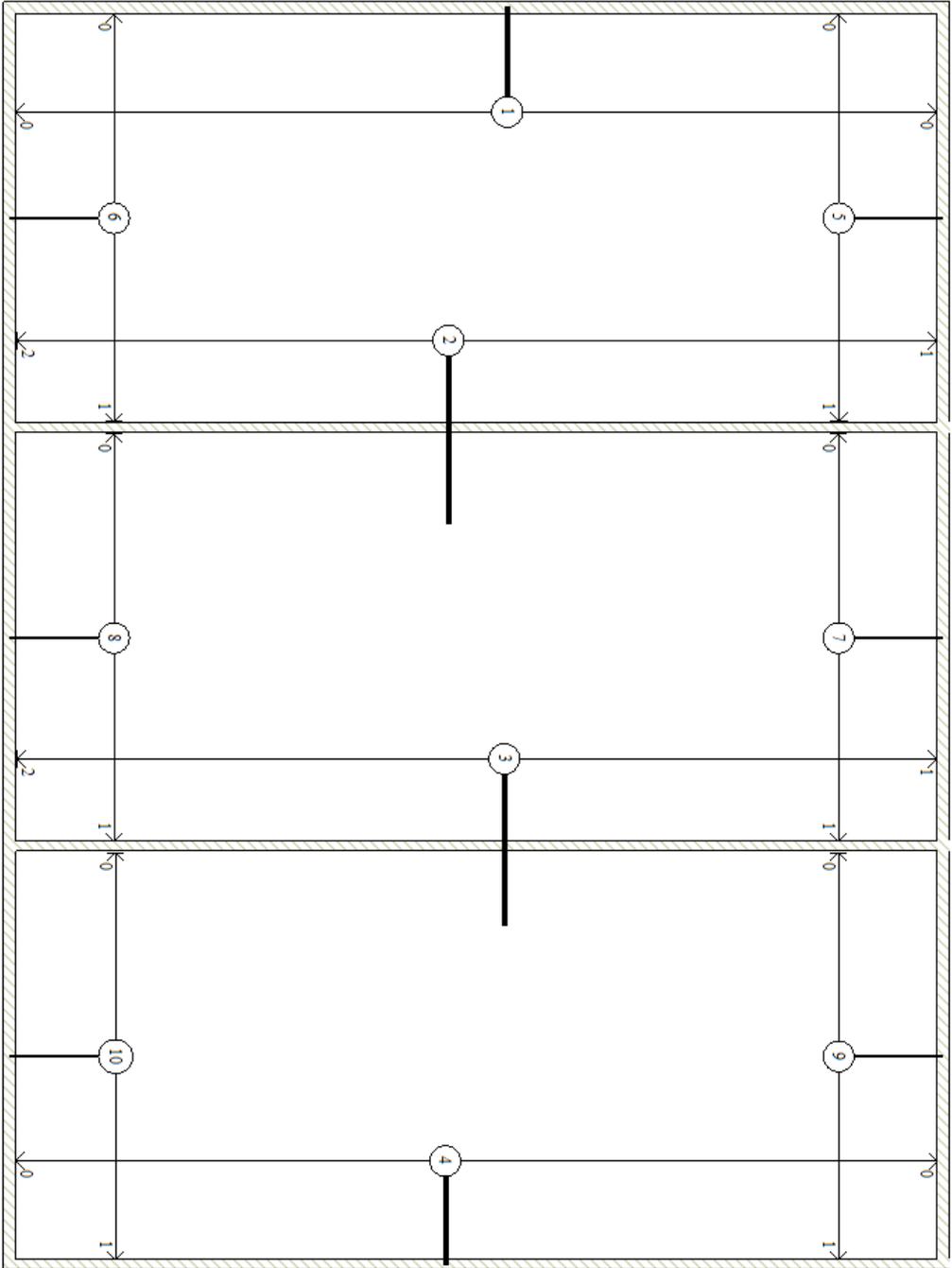
N°	Armatures	Forme	DM
1	58 HA10 x 555 - S = 21,0	$\frac{10}{555} \frac{10}{10}$	S.O.
2	15 HA6 x 1200 - S = 38,0	$\frac{5}{1200} \frac{5}{1200}$	S.O.
3	15 HA6 x 335 - S = 38,0	$\frac{5}{35} \frac{5}{35}$	S.O.
4	58 HA8 x 551 - S = 21,0	$\frac{8}{551} \frac{8}{551}$	S.O.
5	13 HA6 x 1200 - S = 44,5	$\frac{5}{1200} \frac{5}{1200}$	S.O.
6	13 HA6 x 335 - S = 44,5	$\frac{5}{35} \frac{5}{35}$	S.O.
7	58 HA10 x 555 - S = 21,0	$\frac{10}{555} \frac{10}{555}$	S.O.
8	15 HA6 x 1200 - S = 38,0	$\frac{5}{1200} \frac{5}{1200}$	S.O.
9	15 HA6 x 335 - S = 38,0	$\frac{5}{35} \frac{5}{35}$	S.O.

Toutes les côtes sont indiquées en cm.

Angle de pliage : 135°

Diamètre Ø du mandrin en mm.

PLAN DE FERRAILLAGE : Armatures supérieures



NOMENCLATURE DES ARMATURES

N°	Armatures	Forme	DM
1	31 HA6 x 133 - S = 40,0	7- $\sqrt{122}$	63
2	65 HA8 x 233 - S = 18,7	98- $\sqrt{14}$ 121- $\sqrt{233}$	S.O.
3	65 HA8 x 233 - S = 18,7	120- $\sqrt{14}$ 99- $\sqrt{233}$	S.O.
4	31 HA6 x 133 - S = 40,0	120- $\sqrt{9}$	63
5	13 HA6 x 128 - S = 44,5	5- $\sqrt{119}$	63
6	13 HA6 x 128 - S = 44,5	5- $\sqrt{119}$	63
7	13 HA6 x 128 - S = 44,5	5- $\sqrt{119}$	63
8	13 HA6 x 128 - S = 44,5	5- $\sqrt{119}$	63
9	13 HA6 x 128 - S = 44,5	5- $\sqrt{119}$	63
10	13 HA6 x 128 - S = 44,5	5- $\sqrt{119}$	63

Toutes les cotes sont indiquées en cm.
 Angle de pliage: 135°
 Diamètre Ø du mandrin en mm.