Microsoft est une marque déposée de Microsoft Corp. et Windows est une marque de fabrique de Microsoft Corp.

Apple, le sigle Apple et Macintosh sont des marques déposées d'Apple Computer, Inc.

Apple Desktop Bus, Finder et Multifinder sont des marques de fabrique d'Apple Computer, Inc.

AutoCad est une marque déposée d'AutoDesk, Inc.

© BuildSoft s.a. 1996

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement écrit de BuildSoft est illégale.

A l'achat du logiciel ConCrete C, l'utilisateur acquiert une licence d'exploitation. Toute transmission, en tout ou en partie, de la

présente licence à des tiers est interdite sans accord écrit de BuildSoft.

La société BuildSoft ne pourra en aucun cas être tenue responsable des préjudices directs ou indirects, de quelque nature que ce soit, résultant d'une imperfection dans le programme ou le manuel.

TABLE DES MATIERES

Chapitre 1 Introduction
1.1. Description de ConCrete C 1.1
1.2. Matériel requis 1.1
1.3. Installation de ConCrete C 1.2
1.4. ConCrete, les autres modules 1.3
Chapitre 2 Un premier élément
2.1. Introduction 2.1
2.2. Création d'un nouveau projet 2.2
2.3. Introduction et calcul d'un nouvel élément 2.3
2.4. Interprétation des résultats générés 2.9
2.4.1. La fenêtre "Structure & charges" 2.9
2.4.2. La fenêtre "Croquis d'armatures" 2.10
2.4.2.1. Autre choix pour les diamètres des barres principales 2.13
2.4.2.2. Adaption de la vue longitudinale 2.16
2.4.3. La fenêtre"Diagrammes des efforts" 2.17
2.5. Modification des données introduites 2.19
Chapitre 3 Un deuxième élément dans le projet
3.1. La fenêtre Liste de projet 3.1
3.2. Une colonne de section ronde 3.2
Chapitre 4 Paramètres de calcul
4.1. Valeurs du dossier 4.1
4.2. Paramètres de l'acier 4.2
4.3. Paramètres du béton 4.5

4.4. Paramètres des appuis....4.7
4.5. Paramètres des charges....4.8
Chapitre 5 Un projet complet d'éléments
5.1. Introduction....5.1
5.2. Définition des classes....5.2
5.3. Placement d'un élément dans une classe particulière....5.4
5.4. Rappel d'un élément figurant dans une classe particulière....5.5
5.5. Déplacement d'un élément vers une autre classe....5.5
5.6. Duplication d'un élément....5.5
5.7. Suppression d'un élément....5.6
5.8. Modification des éléments figurant dans différentes classes....5.6
Chapitre 6 Enregistrer, ouvrir et fermer
6.1. Enregistrement d'un nouveau projet....8.1
6.2. Ouverture d'un projet existant....8.1
6.3. Enregistrement d'un projet existant....8.1
6.4. Sauvegarde automatique....8.2
6.5. Fermeture d'un projet....8.2
6.6. Modification des données du dossier....8.3
6.7. Arrêt du programme....8.3
Chapitre 7 Imprimer
7.1. Mise en page et options d'impression....7.1
7.2. Impression de l'intégralité d'un projet....7.2
7.3. Impression de l'intégralité d'une classe....7.3
7.4. Impression d'un seul élément....7.3
Chapitre 8 Astuces
8.1. Sons d'administration....8.1
8.2. L'information dans la fenêtre "Diagrammes des efforts".8.1
8.3. Convention de signes pour le moment et l'effort tranchant....8.3
8.4. Vérification du flambement....8.4
8.5. Utilisation du menu "Edition"....8.4

8.6. Calcul du ferraillage d'un élément appartenant à une ossature 8.5
Chapitre 9 Aperçu des menus
9.1. Menu "…" ou "ð" 9.1
9.2. Menu "Fichier" 9.1
9.3. Menu "Edition" 9.2
9.4. Menu "Elément" 9.2
9.5. Menu "Fenêtre" 9.2
9.6. Menu "Préférences" 9.3
9.7. Menu "Charges" 9.3
Chapitre 10 Méthode de calcul
10.1. Calcul statique 10.1
10.2. Calcul organique 10.2
10.2.1. Etats-limites ultimes 10.2
10.2.1.1. Diagramme contraintes-déformations du béton et de l'acier 10.2
10.2.1.2. Flexion composée 10.3
10.2.1.3. Effort tranchant 10.5
10.2.1.4. Armature transversale dans les membrures 10.6
10.2.1.5. Flambement 10.8
10.2.2. Etats-limites de service 10.10
10.2.2.1. Diagramme contraintes-déformations du béton et de l'acier 10.10
10.2.2.2. Limitation des contraintes de compression du béton 10.10
10.2.2.3. Déformation à l'état de fissuration 10.11
10.2.3. Armatures minimales 10.12
10.2.3.1. Armature longitudinale 10.12
10.2.3.2. Effort tranchant 10.13

Chapitre 1 Introduction

1.1. Description de ConCrete C

ConCrete C est un logiciel pour le calcul des éléments en béton armé, soumis à la flexion composée. Les éléments sont soumis à des efforts qui se trouvent dans un même plan (le plan des charges) et qui sont une combinaison des efforts normaux, des efforts tranchants et des moments fléchissants.

Les méthodes de calcul appliquées dans ConCrete C (états-limites ultimes et de services) correspondent aux règles d'Eurocode 2 et à la nouvelle Norme Belge NBN B15-002.

1.2. Matériel requis

ConCrete C étant un logiciel dans lequel de nombreux calculs sont effectués, votre ordinateur doit être équipé d'un coprocesseur mathématique.

Sur un PC avec Microsoft Windows, la version 3.1 (ou plus récente) de Microsoft Windows est nécessaire.

Sur un ordinateur Macintosh, la version système 6.07 (ou plus récente) est exigée.

1.3. Installation de ConCrete C

Installation de la version démo :

• Sur un PC avec Microsoft Windows : *D'abord démarrez Windows. Puis, inserrez la disquette dans votre ordinateur et lancez le programme Setup.exe à partir de la disquette. Suivez les instructions à l'écran. A la fin de l'installation une fenêtre "ConCrete FR" apparait dans le Gestionnaire de Programmes (Program Manager) dans laquelle une icône ConCrete C est créée.*

• Sur un ordinateur Macintosh : *Copiez le fichier ConCrete C vers le disque dur de votre ordinateur.*

Installation de la version complète :

Suivez d'abord les instructions de l'installation de la version démo.

• Sur un PC avec Microsoft Windows : *Mettez votre ordinateur hors tension et branchez la clé de protection au port parallèle de l'imprimante.*

• Sur un ordinateur Macintosh : *Copiez le document "EvE Init" vers le Dossier Système et mettez votre ordinateur hors tension. Connectez la clé de protection au port ADB (= sortie pour clavier) de votre ordinateur. Lorsque vous mettez votre ordinateur sous tension, le fichier de lancement EvE Init est chargé et votre machine est à même de déceler la clé de protection.*

ATTENTION : Veillez à **toujours** mettre votre ordinateur **hors tension** avant de brancher ou de débrancher la clé. Dans le cas contraire, vous risquez d'endommager sérieusement votre ordinateur!

1.4. ConCrete, les autres modules

Le logiciel ConCrete C fait partie d'un ensemble de programmes qui vous permettent de maîtriser toute la conception d'éléments en béton armé.

Le module ConCrete effectue automatiquement les calculs statiques et organiques des poutres et des dalles continues (dans une seule et même direction) en béton armé, soumises à la flexion simple.

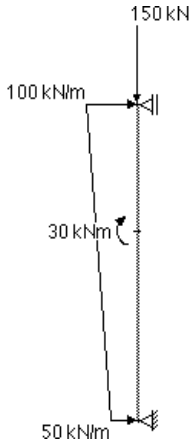
Le module ConCrete Plus utilise ces résultats pour la production des plans de ferraillage et des bordereaux des barres d'acier utilisées pour l'armature.

Les plans qui résultent des modules ConCrete peuvent être transférées vers AutoCad, VersaCad, Microstation, Speedikon, Architrion, Tech2D ou tout autre logiciel de DAO acceptant le format Tech2D ou DXF.

Chapitre 2 Un premier élément

2.1. Introduction

A l'aide d'un simple exemple, nous allons vous initier progressivement au fonctionnement du logiciel ConCrete C. Nous prendrons comme exemple une colonne simplement appuyée à ses extrémites :



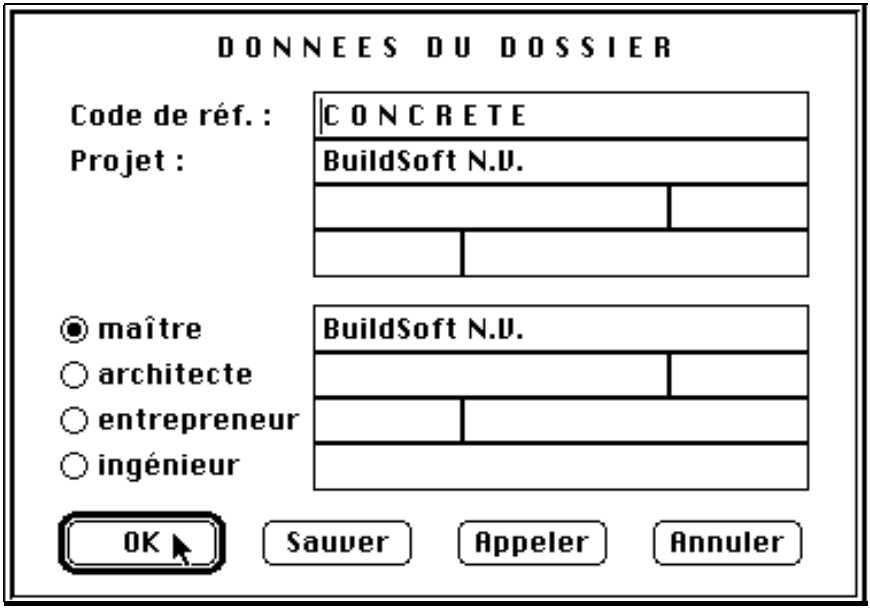
L'hauteur de la colonne vaut 2.5 m. et la colonne est chargée comme indiquée ci-dessus. Nous proposons une section rectangulaire avec

une largeur de 250 mm et une hauteur de 400 mm (l'hauteur de la section se trouve dans le plan des charges).

2.2. Création d'un nouveau projet

Lorsque le programme ConCrete C est chargé, sélectionnez la commande "**Nouveau...**" dans le menu "**Fichier**".

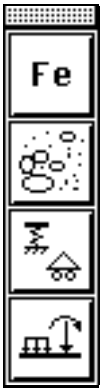
Une fenêtre apparaît alors à l'écran vous permettant d'encoder les principales données administratives de votre projet, à savoir: un code de référence pour le projet, les coordonnées (nom, adresse, etc...) du projet, du maître de l'ouvrage, de l'architecte, de l'entrepreneur et de l'ingénieur :

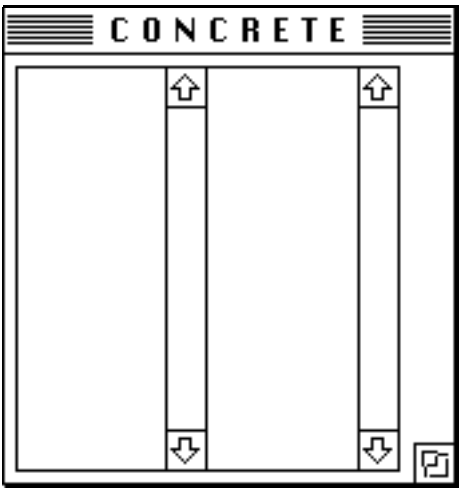


Pour plus de détails sur les quatre boutons figurant dans le bas de la fenêtre, nous vous renvoyons au point 4.1.

Pour quitter cette fenêtre de dialogue, positionnez le pointeur de la souris sur le bouton "**OK**" et cliquez sur le bouton ou sélectionnez le bouton "**OK**" et appuyez sur la touche ENTER ou RETURN.

Nous voyons alors apparaître à la gauche de l'écran en haut une palette avec des icônes et en bas une fenêtre portant le code de référence, dans ce cas-ci "CONCRETE", contenant deux listes vides. Nous appellerons désormais cette fenêtre, la fenêtre **Liste de projet**

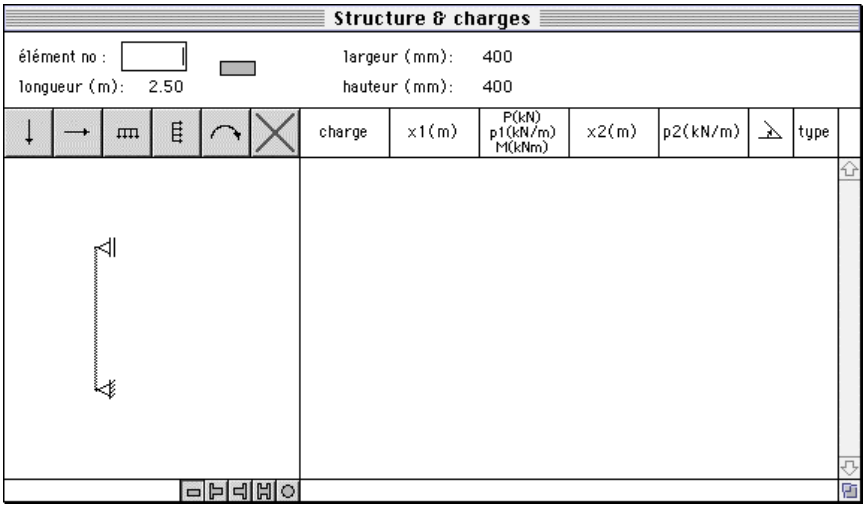




2.3. Introduction et calcul d'un nouvel élément

Il vous est maintenant possible de sélectionner le menu "**Elément**" dans la barre de menu. Dans ce menu, sélectionnez la commande "**Nouveau**".

Nous voyons apparaitre à l'écran la fenêtre "**Structure & charges**":



Deux autres fenêtres sont également affichées, intitulées respectivement "**Diagramme des efforts**" et "**Croquis d'armatures**".
Ces deux dernières fenêtres sont vides.

Il est possible que la fenêtre "**Croquis d'armatures**" se trouve derrière celle intitulée "**Diagrammes des efforts**". Si vous souhaitez afficher la première en avant-plan, sélectionnez la commande "**Croquis d'armatures**" dans le menu "**Fenêtre**".

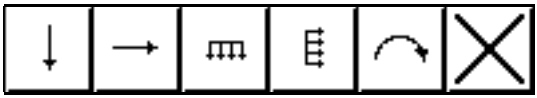
Dans la première case "élément no :" nous introduirons le numéro de l'élément; le numéro peut contenir des caractères autres que des chiffres. Le nombre de caractères est cependant limité à cinq. Nous introduirons, dans le cadre de cet exemple, la séquence "vb1" comme numéro de l'élément. Pour ce faire, tapez les caractères "vb1" à l'aide du clavier et tapez ensuite la touche TAB, ENTER ou RETURN.

Automatiquement la case "longueur (m) :" est sélectionnée. Nous tapons ici la valeur "2.5" (n'oubliez pas la touche TAB, ENTER ou RETURN !).

Procédez de même pour la largeur et la hauteur de l'élément (attention aux unités !). La largeur (ici 250 mm) est la dimension perpendiculaire au plan de flexion, l'hauteur la dimension dans le plan de flexion. Le plan de flexion est parallèle au plan de l'écran.

Nous allons introduire maintenant trois charges sur cet élément.

Pour introduire une charge ponctuelle verticale, cliquez sur le premier icône de la série :



Dans le tableau à droite, une ligne vient d'être ajoutée. Complétez cette ligne avec les valeurs de la charge ponctuelle :

charge	x1(m)	P(kN) p1(kN/m) M(kNm)	x2(m)	p2(kN/m)		type
1 ↓	2.50	150.00			90	1

Chaque fois que vous tapez la touche TAB, ENTER ou RETURN la case suivante est sélectionnée.

Les valeurs x (x1 et x2) sont mesurées à partir de l'appui inférieur vers le haut. Les valeurs des charges sont positives si les charges agissent de haut en bas et de gauche à droite. Les moments sont considérés comme positifs lorsqu'ils agissent dans le sens antitrigonométrique.

La valeur de "x1(m)" donne le point où la charge ponctuelle s'applique, mesuré à partir de l'appui inférieure vers le haut. x1 =

2.5 m signifie dans ce cas que la charge se trouve en haut de la colonne.

"P(kN)" est la valeur de la charge ponctuelle. ∠ est l'inclinaison de la charge vis-à-vis de la ligne horizontale, dans ce cas 90 degrés (charge verticale).

Le "type" de charge indique quels coefficients de charge doivent être appliqués dans les états-limites ultimes et de services. Nous choisissons le type 1; plus tard, nous verrons que, avec les paramètres standards, ça correspond à une charge permanente.

Nous allons maintenant introduire la charge trapézoidale, de valeur 50 kN/m à la base d'élément et 100 kN/m au sommet. Cliquez sur le quatrième icône des charges :

Une deuxième ligne est ajoutée au tableau à droite. Remplissez les valeurs de la charge trapézoidale comme suite :

charge	x1(m)	P(kN) p1(kN/m) M(kNm)	x2(m)	p2(kN/m)	∠	type
1 ↓	2.50	150.00			90	1
2 ⊓⊓	0.00	50.00	2.50	100.00	0	2

A l'endroit x1 = 0, c.-à-d. en bas de l'élément, la charge répartie a une valeur de 50 kN/m. La valeur augmente jusqu'à 100 kN/m en haut de l'élément (x2 = 2.5 m).

Type 2 correspond - avec les paramètres standards - aux coefficients à appliquer pour des charges variables (surcharges).

Pour introduire le moment concentré de 30 kNm, cliquez sur l'icône:

Une troisième ligne est ajoutée au tableau à droite. Introduisez les valeurs du moment concentré comme suite :

charge	x1(m)	P(kN) p1(kN/m) M(kNm)	x2(m)	p2(kN/m)		type
1	2.50	150.00			90	1
2	0.00	50.00	2.50	100.00	0	2
3	1.50	30.00				2

Le moment concentré se situe à une hauteur de 1.5 mètre.

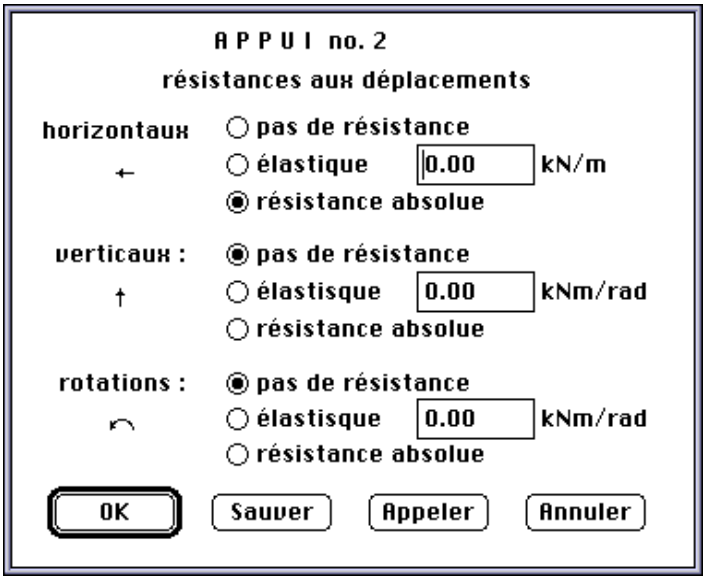
Nous remarquons qu'il est toujours possible de supprimer une charge introduite en cliquant avec la souris sur l'icône :

La ligne sélectionnée (la ligne où on est en train de travailler) est effacée du tableau.

Nous supposons l'appui inférieure comme rotulé et fixe dans la direction horizontale et verticale.

L'appui supérieur est également rotulé et fixe dans la direction horizontale.

Cliquez sur l'appui supérieur. Sur l'écran apparait la fenêtre de dialogue suivante :



Indiquez dans la fenêtre de dialogue qu'il n'y a pas de résistance aux déplacements verticaux (si ceci n'est pas encore le cas) et cliquez avec la souris sur le bouton OK.

Vous avez le choix d'introduire une résistance nulle ou absolue, mais aussi d'introduire une résistance élastique (ressort).

Remarquez que la présentation de l'appui supérieur indique l'état de cet appui :

Choisissez maintenant la commande "**Elément** "- "**Calculer**".

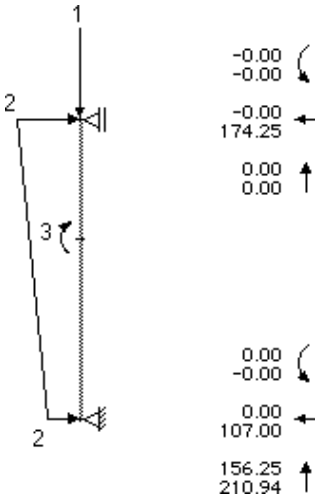
Les fenêtres "**Structure & charges**", "**Diagrammes**" et "**Croquis d'armature**" sont complétées avec les résultats du calcul.

2.4. Interprétation des résultats générés

Les résultats de calcul sont répartis entre les fenêtres "**Structure & charges**", "**Diagrammes des efforts**" et "**Croquis d'armatures**".

2.4.1. Fenêtre "Structure & charges"

Dans cette fenêtre sont indiquées les **réactions** minimales et maximales dans l'**état-limite ultime** (E.L.U.) pour chaque point d'appui.



Les réactions orientées vers le haut et vers le gauche sont considérées comme étant positives.

Toutes les réactions des moments sont ici égale à zéro, car les appuis ont été considérés comme rotulés. Les réactions d'encastrement agissant dans le sens trigonométrique sont positives.

La réaction verticale de l'appui supérieur est également égale à zéro, parce qu'il n'y a pas de résistance verticale à cet endroit.

La valeur minimale de la réaction verticale de l'appui inférieur est 156.25 kN.
Le 6.25 kN est causé par le poids propre de l'élément :
2.50 m * 0.25 m * 0.40 m * 25 kN/m3 = 6.25 kN.

La valeur minimale de la réaction verticale de l'appui inférieur peut être expliquée comme suit :

(150 kN + 6.25 kN) * 1.35 = 210.94 kN

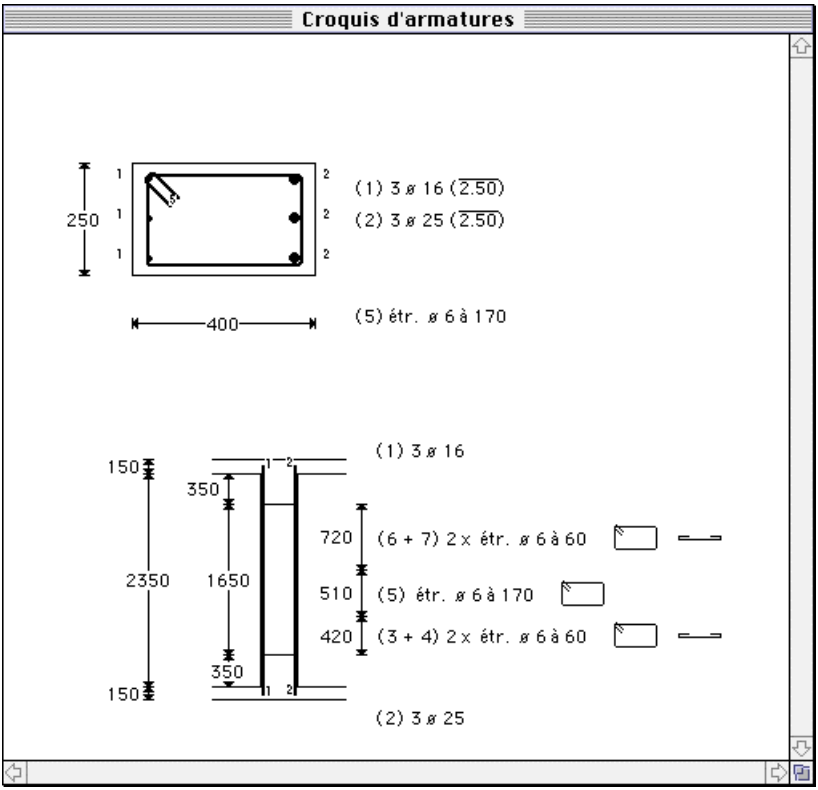
avec 1.35 le coefficient de pondération pour les charges permanentes à l'état-limite ultime.

Nous remarquons que les résultats ci-dessus ne sont affichés que si ConCrete C a réussi de proposer un choix de diamètres, tenant compte des dimensions (largeur et hauteur) de l'élément.

2.4.2. La fenêtre "Croquis d'armatures"

Si cette fenêtre se trouve derrière celle intitulée "**Diagrammes des efforts**", sélectionnez la commande "**Croquis d'armatures**" dans le menu "**Fenêtre**".

Cette fenêtre affiche la coupe et la vue longitudinale de l'élément et de ses armatures.



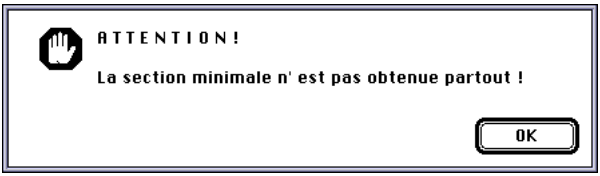
ConCrete C fait automatiquement une proposition pour le choix des diamètres des barres principales.

On peut modifier l'échelle de la coupe et de la vue longitudinale par la commande "**Préférences**" - "**Echelles**".

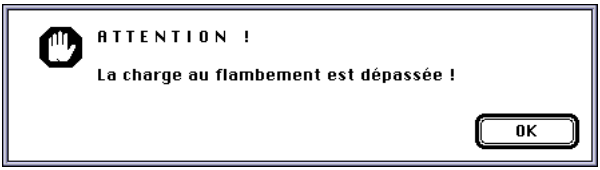
Nous remarquons que les résultats ne sont représentés que si toutes les conditions sont remplies : ConCrete C tient compte des états-limites ultimes et des états-limites de service. La vérification du flambement est faite dans les deux directions.

Si une des conditions n'est pas remplie, ConCrete C vous avertit.

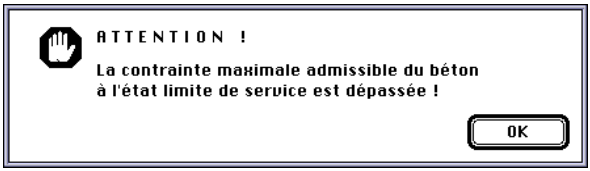
Dans le cas où les conditions à l'état-limite ultime ne sont pas remplies :



Si l'élément risque de flamber :



Si la contrainte de compression du béton dépasse la valeur admissible :



Dans ces cas, il est nécessaire d'adapter les dimensions de la section (autre largeur, autre hauteur) et de refaire le calcul.

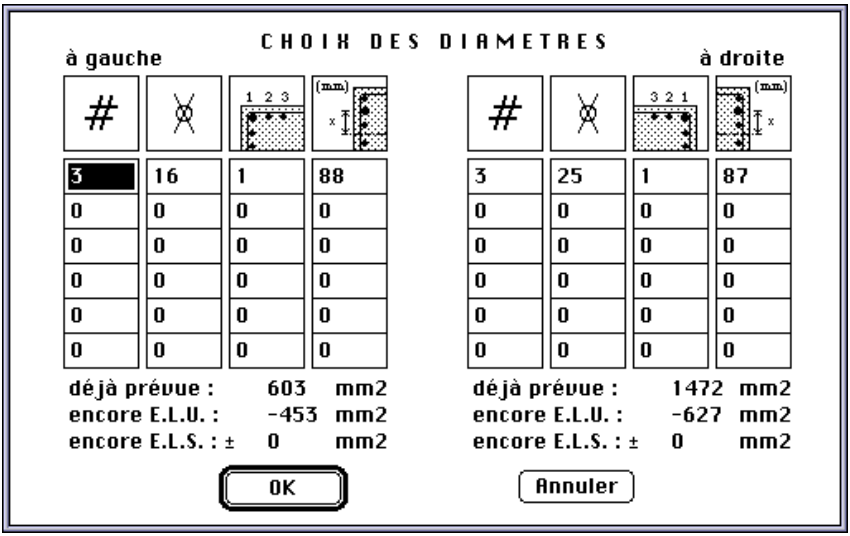
Dans les cas où ConCrete C trouve une solution, nous pouvons modifier cette solution.

D'une part, nous pouvons faire un autre choix pour les diamètres des barres longitudinales.

D'autre part, nous pouvons adapter la vue longitudinale.

2.4.2.1. Autre choix pour les diamètres des barres principales.

Cliquez avec la souris sur la coupe de l'élément. A l'écran apparait la fenêtre de dialogue suivante:



Dans cette fenêtre, la proposition de ConCrete C pour le choix des diamètres est représentée.

Aprés l'expression 'déjà prévue', ConCrete C indique la quantité totale des sections des barres en mm2 qui correspond au choix dans le tableau.

Plus bas, vous retrouvez les mm2 qui sont encore nécessaire, outre les mm2 déjà prévue, pour répondre à l'état-limite ultime (E.L.U) et aux états-limites de service (E.L.S.).

Il est possible de mettre des barres sur différents niveaux.

Modifiez le contenu du tableau à gauche comme suit :

#	⊗	1 2 3	(mm) x
3	12	1	94
3	12	2	94
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

déjà prévue : 640 mm2
encore E.L.U. : -490 mm2
encore E.L.S. : ± -30 mm2

Dans cette exemple, nous plaçons 3 ø 12 au premier niveau, d'où les barres les plus extrèmes se trouvent à une distance de 94 mm de l'axe de l'élément (94 mm = la moitié de la largeur de l'élément, moins l'enrobage latéral de 25 mm et moins la moitié du diamètre de la barre !).

Dans un deuxième niveau, nous plaçons également 3 ø 12. Remarquez que les barres au deuxième niveau sont moins effectives que celles au premier niveau.

Pour le calcul des mm2 déjà prévue, le logiciel tient compte d'un bras de levier qui diminue quand le niveau des barres augmente.

Remarquez qu'il est également possible de combiner différents diamètres dans un même niveau. Modifiez p.e. l'armature à gauche comme suit :

#	Ø	1 2 3	(mm) x
2	20	1	90
1	12	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

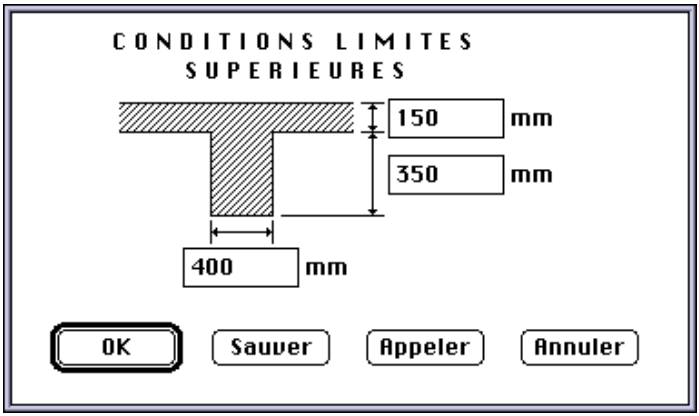
déjà prévue : 741 mm2
encore E.L.U. : -591 mm2
encore E.L.S. : ± -130 mm2

ConCrete C vérifie si votre choix respecte la distance minimale entre les barres.

Chaque fois que vous faite un autre choix, ConCrete C adapte le calcul et redessine le contenu des fenêtres "**Croquis d'armature**"et "**Diagrammes des efforts**".

2.4.2.2. Adaption de la vue longitudinale.

Cliquez avec la souris sur la partie supérieure de la vue longitudinale de l'élément. La fenêtre de dialogue suivante apparait:

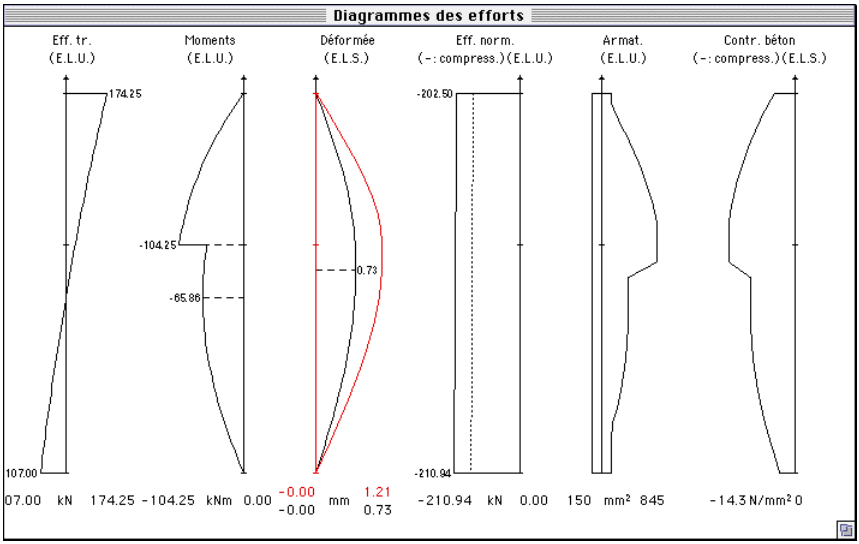


Vous pouvez modifier trois dimensions pour adapter la vue longitudinale.

La partie inférieure de l'élément peut être modifiée de la même manière.

2.4.3. La fenêtre "Daigramme des efforts"

Dans cette fenêtre nous retrouvons, dépendant des options : un schéma de l'élément avec ses charges, les diagrammes des efforts tranchants, des moments fléchissants, des rotations, de la déformée (éventuellement à l'état de fissuration), des efforts normaux, de l'armature principale en mm2, de l'armature transversale dans les tables de compression des sections T, des contraintes de compression dans le béton et des contraintes de traction dans l'armature gauche et droite :



En-dessous de chaque diagramme, on retrouve les valeurs extrèmes (positive et négative) et les unités. La figure ci-dessus nous donne une exemple des possibilités.

Nous verrons plus loin dans ce manuel comment afficher d'autre diagrammes et comment modifier les signes conventionnels de l'effort tranchant V et du moment fléchissant M.

Nous remarquons que les diagrammes des efforts tranchants, des moments fléchissants, des efforts normaux, de l'armature principale et de l'armature transversale dans les tables de compression des sections T, sont déterminés aux états-limites ultimes (E.L.U.).

Plus spécifique : le diagramme des mm2 de l'armature nécessaire ne donne que les mm2 qui sont nécaissaires pour répondre à l'état-limite ultime !

C'est très bien possible que le calcul aux états-limites de service exige d'ajouter de l'armature de traction et/ou compression.
Pour plus d'explication, veuillez consulter le point 10.2, qui explique la méthode de calcul organique.

Les rotations, la déformée, les contraintes du béton et de l'acier sont déterminées aux états-limites de service (E.L.S.).
Pour le calcul de la déformée en état de fissuration et pour le calcul des contraintes du béton et de l'acier, le logiciel tient compte de l'armature réellement prévue, comme elle est représentée dans la fenêtre "**Croquis d'armatures**".

2.5. Modification des données introduites

Parmi les nombreux avantages qu'offre ConCrete C, il convient de mentionner la souplesse avec laquelle les données introduites peuvent être modifiées. Ainsi, toutes les données introduites au point 2.3 peuvent être modifiées à tout moment en cliquant à l'aide de la souris, la valeur à modifier dans la fenêtre "**Structure & charges**".

Si, par exemple, vous souhaitez passer la longueur de l'élément de 2.5 à 2.75 m., sélectionnez la valeur "2.50" dans la fenêtre "**Structure & charges**". Lorsque vous avez sélectionné cette valeur, cette dernière apparaît dans un cadre.
Tapez sur le clavier la valeur "2.75" et confirmez la nouvelle valeur en tapant la touche ENTER ou RETURN. Dès que cette touche a été pressée, les résultats sont effacés.

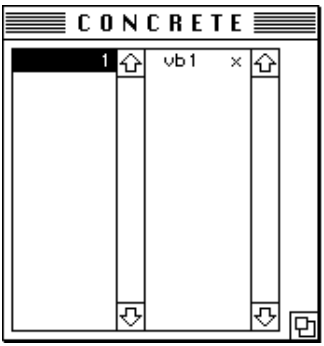
Choisissez dans le menu "**Elément**" la commande "**Calculer**". ConCrete C recalcule l'élément et met les résultats à jour.

La souplesse avec laquelle il est possible de modifier les données, nous permet d'utiliser ConCrete C pour procéder à de véritables **dimensionnements**.
En effet, si nous introduisons une valeur arbitraire pour la largeur et la hauteur de l'élément, il suffit de vérifier les résultats obtenus et d'adapter ensuite les dimensions pour obtenir une section bien dimensionnée.

Chapitre 3 Un deuxième élément dans le projet

3.1. La fenêtre Liste de projet

Pour créer un deuxième élément, sélectionnez de nouveau dans le menu "**Elément**" la commande "**Nouveau**". L'élément précédent, vb1, est placée dans le projet. Nous voyons ça dans la fenêtre **Liste de projet :**



Dans la première colonne, le chiffre "1" est affiché indiquant que nous avons déjà entré un élément dans notre projet. Dans la deuxième colonne, est affiché le numéro de cet élément, "vb1" et la lettre "x". La lettre "x" signifie que l'élément est calculé et que ses

dimensions sont satisfaisantes (dans le cas contraire, la lettre "o" est affichée).

3.2. Une colonne de section ronde

Dans le chapitre 2, nous avons calculé un élément de section rectangulaire.

Dans ConCrete C, nous avons le choix entre différents types de section :

Vous séléctionnez la forme en bas et à gauche dans la fenêtre "**Structure & charges**" :

Cliquez sur l'icône pour une section ronde.

Introduisez comme numéro d'élément le nom "vb2", spécifiez une longueur de 2.5 mètre et donnez comme diamètre 400 mm.

Introduisez les charges du tableau suivant :

charge	x1(m)	P(kN) p1(kN/m) M(kNm)	x2(m)	p2(kN/m)	∠	type
1 ↓	2.50	150.00			90	1
2 ↷	2.50	50.00				1

La figure correspondante se voit comme suit :

Choisissez maintenant la commande "**Elément**" - "**Calculer**". Remarquez que le calcul d'une colonne ronde prend plus de temps que celui d'une colonne rectangulaire.

Comme vue au chapitre 2, vous pouvez regarder les résultats dans les fenêtres "**Structure & charges**", "**Croquis d'armature**" et "**Diagrammes des efforts**".

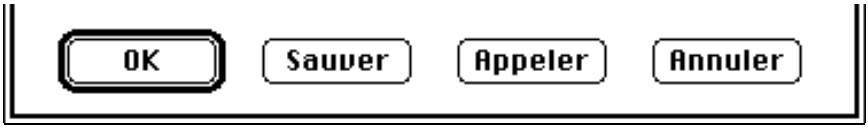
Remarquez que dans la section, outre un étrier rond, une épingle est exigée selon les règles NBN B15-102 (application des règles pour des éléments soumis aux efforts tranchants).

Chapitre 4 Paramètres de calcul

4.1. Valeurs du dossier

Jusqu'à présent, nous avons calculé des éléments en béton armé, soumis à la flexion composée, sans nous préoccuper de la qualité du béton et de la qualité des aciers utilisées pour l'armature.
Cela ne signifie pas que le programme n'est pas à même de traiter ces données mais qu'il n'est pas nécessaire de redéterminer pour chaque élément tous les paramètres de calcul. En effet, le logiciel ConCrete retient toujours les valeurs par défaut comme valeurs de base.
Nous appellerons ces valeurs de base les **valeurs du dossier**. Toutefois, il est toujours possible de négliger ces valeurs et de spécifier de nouvelles valeurs du dossier.
Chaque fois que vous lancez ConCrete, les paramètres de calcul sont assimilés aux valeurs du dossier. Si nous entrons un nouvel élément, les paramètres de calcul sont identiques aux valeurs actuelles.

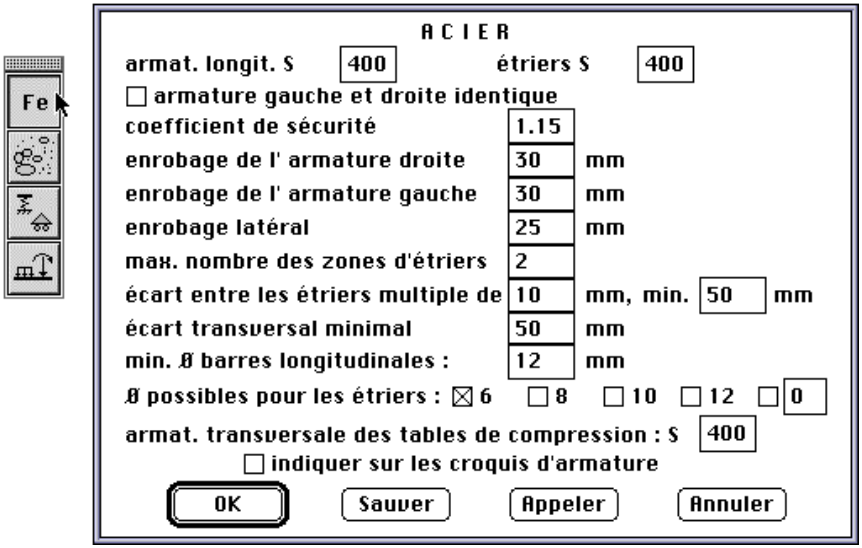
Dans le bas des fenêtres de dialogue décrites ci-après se trouveront toujours quatre boutons :



Cliquez sur le bouton "**OK**" pour activer les valeurs actuelles. Les valeurs actuelles peuvent être installées comme des valeurs du dossier en cliquant sur le bouton "**Sauver**" ou "**S**". Si les valeurs actuelles sont différentes des valeurs du dossier, ces valeurs peuvent à nouveau être assimilées aux valeurs du dossier en cliquant sur le bouton "**Appeler**" ou "**A**". Le bouton "**Annuler**" vous permet de ne pas modifier les valeurs actuelles.

4.2. Paramètres de l'acier

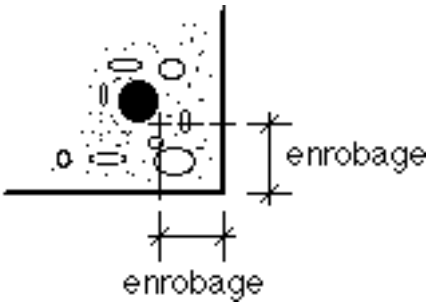
Les paramètres des aciers peuvent être consultés et modifiés en cliquant sur le premier icône de la palette. Cette procédure affiche une fenêtre de dialogue à l'écran :



Dans cette fenêtre de dialogue vous pouvez modifier tous les paramètres de l'acier selon vos besoins. Les valeurs de la qualité d'acier sont des valeurs caractéristiques et sont exprimées en N/mm^2.
A l'aide du clavier, vous pouvez introduire n'importe quelle valeur pour la qualité d'acier.

L'option "armature gauche et droite identique" fait que la proposition pour le choix des barres est symmétrique dans la section. Cette option n'a pas d'importance pour des sections rondes; l'armature principale y est d'office symmétrique.
Par coefficient de sécurité, on entend le coefficient qui doit être appliqué à la valeur caractéristique pour obtenir la valeur de calcul de la qualité d'acier. Cette dernière sera utilisée dans le calcul à l'état limite ultime.

Par enrobage, on entend la distance nette entre la barre et le parement du béton :



Pour déterminer la hauteur utile, cet enrobage et 10 mm supplémentaires, tenant compte de l'épaisseur des barres d'armature (qui, à ce stade, ne sont pas connues), sont soustraits de la hauteur réelle de la section.

Le nombre maximal de zones d'étriers peut être limité : pour un maximum de deux zones d'étriers, on retrouve au maximum deux différents écarts d'étriers et/ou différentes diamètres des barres. Celà signifie que ConCrete C conserve l'écart entre les étriers constant sur certaines fissures, à fin de limiter le nombre de différentes zones d'étriers. En limitant le nombre maximal de zones d'étriers, il est donc possible d'obtenir une répartition plus pratique.

L'écartement minimal entre les étriers est réglable, aussi bien en direction longitudinale que transversale. Ceci nous permet d'influencer le calcul des étriers : des étriers moins écartés ou des étriers multiples. Toutefois, s'il ressort des calculs que l'écartement doit être inférieur à celui initialement spécifié, le programme conservera l'écartement calculé, sauf s'il est possible d'obtenir un écartement plus important par l'utilisation d'étriers de diamètre supérieur. Dans ce cas, le programme optera pour un diamètre supérieur.

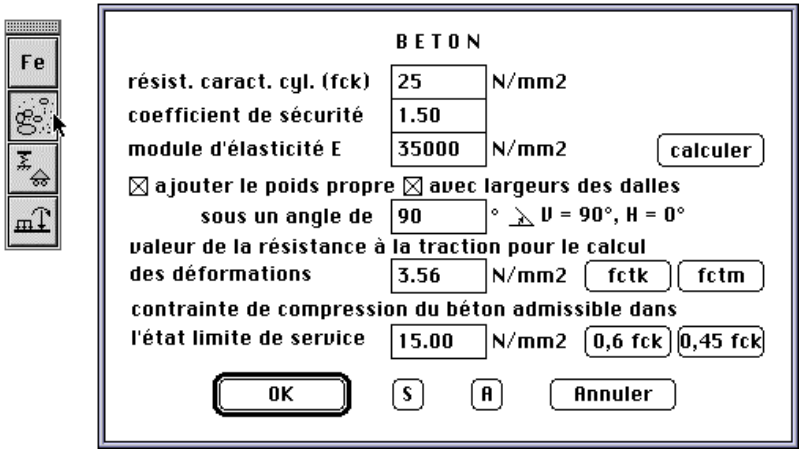
Nous pouvons imposer au logiciel quels diamètres pour les étriers il peut utiliser. Si ces diamètres ne suffisent pas, ConCrete C va quand-même choisir un diamètre plus grand !

Nous pouvons également introduire le diamètre minimal de l'armature principale.

Enfin, nous pouvons introduire la qualité d'acier pour l'armature transversale dans les tables de compression des sections en T. Cette armature sert à résister au cisaillement entre les membrures et l'âme de la poutre.

4.3. Paramètres du béton

Cliquez sur le deuxième icône de la palette pour spécifier les paramètres du béton :



La résistance caractéristique en compression f_{ck} est la valeur de la résistance au-delà de laquelle se trouvent 95% de toutes les mesures de résistance collectées sur des éprouvettes de béton. Cette résistance en compression est déterminée à l'âge de 28 jours, sur des cylindres de 150 mm de diamètre et de 300 mm de hauteur, plongés dans une eau de 20 ± 2°C.
Tout comme pour l'acier, le coefficient de sécurité est le coefficient qu'il convient d'appliquer à la valeur caractéristique pour obtenir la valeur de calcul de la qualité du béton. Cette dernière sera utilisée dans les calculs à l'état limite ultime. Le module d'élasticité peut être spécifié manuellement ou est calculé en fonction de la qualité du béton, à l'aide de la formule suivante:

$$E = 9.5 * (f_{ck} + 8)^{1/3}$$

Il nous est loisible de choisir si nous souhaitons ajouter le poids propre de l'élément.

Pour les sections en T et I, il est possible de ne prendre en compte que le poids propre de l'âme de la section, donc sans les membrures des sections. Comme c'est le cas pour les autres charges, nous pouvons introduire l'inclinaison du poids propre.
ConCrete C suppose un poids spécifique du béton de 25 kN/m^3.

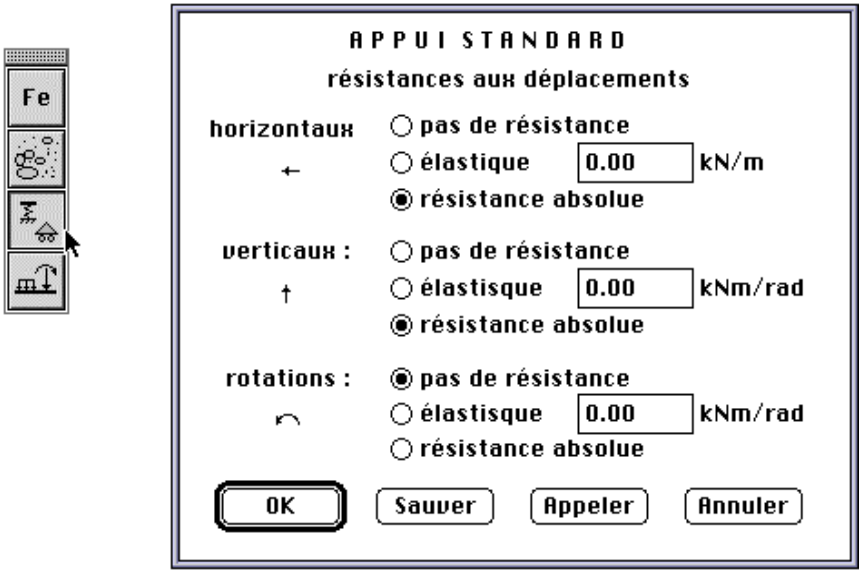
Comme nous verrons plus tard, ConCrete C sait faire le calcul des déformations en tenant compte des fissures et des moments d'inertie variables qui en résultent. Dans ce calcul la valeur de la résistance en traction du béton joue un rôle important. Nous avons la possibilité d'introduire une valeur quelconque ou de faire calculer la valeur moyenne (f_{ctm}) ou caractéristique ($f_{ctk} = f_{ctk0.05}$) par le programme en fonction de la resistance caractéristique cylindrique en compression. Ces deux valuers sont calculées à l'aide des formules suivantes :

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$$
$$f_{ctk0.05} = 0.7 * f_{ctm}$$

Les contraintes de compression du béton dans l'état limite de service peuvent être limitées à 45% ou 60% de la valeur f_{ck}.

4.4. Paramètres des appuis

A l'aide du troisième icône de la palette, vous pouvez spécifier les paramètres des appuis :



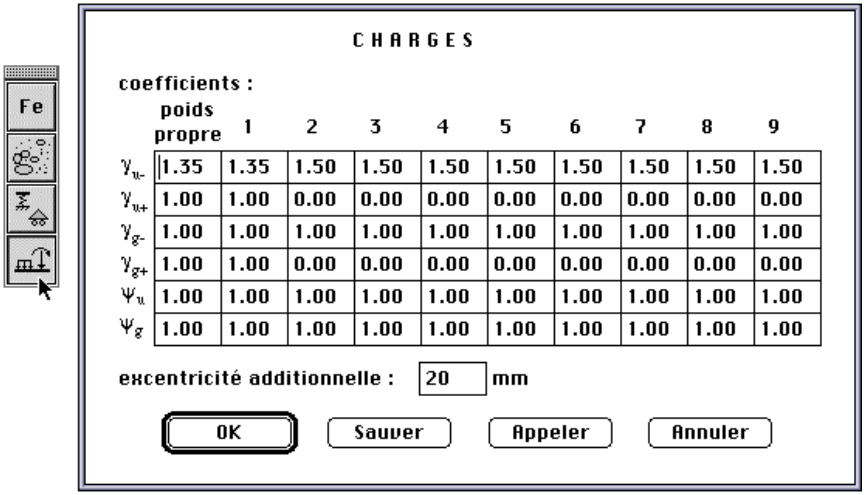
Les modifications que vous introduirez dans cette fenêtre ont trait à l'ensemble des appuis. Cependant, si vous ne souhaitez modifier qu'un seul appui, cliquez pour ce faire sur l'appui dans la fenêtre "**Structure & charges**".
La fenêtre de dialogue qui s'affiche alors à l'écran est identique à celle décrite ci-avant mais les paramètres introduits n'affecteront que l'appui sélectionné.

4.5. Paramètres des charges

Le programme ConCrete vous permet d'indiquer, outre le poids propre, neuf types de charge.
Le type de chaque charge est indiqué comme un chiffre dans la dernière colonne des données de la charge :

charge	x1(m)	P(kN) p1(kN/m) M(kNm)	x2(m)	p2(kN/m)	∠	type
1 ↓	2.50	150.00			90	1

Chaque type de charge possède ses propres **coefficients de charge** et peut être associé à un **coefficient de combinaison** bien déterminé.
Pour introduire ces coefficients, cliquez à l'aide de la souris sur le quatrième icône de la palette. Une fenêtre de dialogue s'affiche à l'écran :



Il convient de distinguer six coefficients par type de charge:

γ_{u-} le coefficient de charge qu'il convient d'appliquer lors de la détermination des moments fléchissants et des efforts tranchants dans l'état limite ultime dans le cas où la charge exerce un effet défavorable sur le diagramme des efforts considéré;

γ_{u+} fonction identique à γ_{u-}, si ce n'est que ce coefficient est applicable dans le cas d'un effet favorable;

γ_{g-} le coefficient de charge qu'il convient d'appliquer lors de la détermination des angles de rotation et des flèches dans l'état limite de service dans le cas où la charge exerce un effet défavorable sur le diagramme des efforts considéré;

γ_{g+} fonction identique à γ_{g-}, si ce n'est que ce coefficient est applicable dans le cas d'un effet favorable;

ψ_u le coefficient de combinaison appliqué au présent type de charge lors de la détermination des moments fléchissants et des efforts tranchants dans l'état limite ultime;

ψ_g le coefficient de combinaison appliqué au présent type de charge lors de la détermination des angles de rotation et des flèches dans l'état limite de service.

Pour chaque section, le programme ConCrete C recherche le coefficient qui doit être appliqué pour chaque charge pour obtenir le maximum et le minimum de chaque figure.

Notez que nous n'avons fait aucune distinction entre les **charges permanentes** et les **charges variables** lors de la détermination des types de charge. Nous avons donc un coefficient de charge favorable et un autre défavorable tant pour les charges permanentes que pour les charges variables.

.

Dans le cas de charges variables, nous considérerons la valeur "0" pour le coefficient de charge favorable; pour les charges permanentes nous considérerons toujours une valeur voisine de "1", "0.9" par exemple.

La distinction entre les charges permanentes et variables est donc uniquement établie par les autres valeurs des coefficients de charge et de combinaison.

Le paramètre "excentricité additionnelle" est appliqué automatiquement sur chaque effort normal dans chaque coupe de l'élément.

Cette excentricité est appliquée dans deux directions : dans ce cas ci avec une valeur de 20 mm et une valeur de -20 mm.

Nous remarquons que les moments affichés dans la fenêtre "**Diagrammes des efforts**" sont les moments du premier ordre (donc sans excentricité additionnelle).

Pour le calcul des quantités d'acier et pour la vérification du flambement dans le plan de flexion, ConCrete C utilise les moments du deuxième ordre (sauf si ceux-ci sont inférieurs à ceux du premier ordre), augmentés du moment du à l'excentricité additionnelle de l'effort normal.

D'autre part, l'excentricité additionnelle est utilisée aussi pour la vérification du flambement hors du plan (= perpendiculaire au plan de flexion).

Chapitre 5 Un projet complet d'éléments

5.1. Introduction

Jusqu'à présent, nous avons vu comment calculer un élément, soumis à la flexion composée, avec ConCrete C. Dans le chapitre 3, nous avons même mentionné (voir point 3.1) que, lors de l'introduction d'un nouvel élément, l'élément précédemment spécifié était placé dans la fenêtre **Liste de projet**. Dans ce chapitre, nous verrons plus en détail la structure et l'intérêt de cette liste de projet.

Supposez que vous ayez un projet englobant trois immeubles, à savoir : A, B et C, qui sont chacun composés d'un sous-sol, d'un rez-de-chaussée et de dix étages. Si nous considérons tous les éléments du projet présent, il est probable que nous en ayons plus d'une centaine. Mais parmi cette centaine d'éléments, il est également probable que nous puissions faire des regroupements. Nous pourrions donc constituer des groupes en fonction des immeubles ou des étages. Un tel groupe, nous l'appelerons une **classe**. Le programme ConCrete C permet de définir jusqu'à 20 classes différentes, chacune regroupant un maximum de 100 éléments. Dans la première colonne de la fenêtre **Liste de projet**, s'affichent les noms des classes suivis du nombre d'éléments contenus dans la classe. Dans la deuxième colonne, sont indiqués

tous les éléments se trouvant dans la classe sélectionnée de la première colonne, tel qu'indiqué au point 3.1. En outre, ces éléments sont automatiquement agencés en fonction de leur nom (séquence : ABC…XYZabc…xyz012…789). La dénomination des classes se fait à l'aide de quatre caractères.

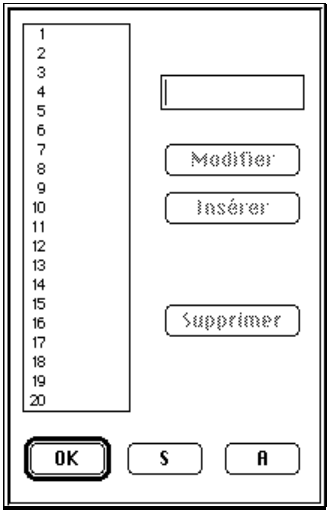
5.2. Definition des classes

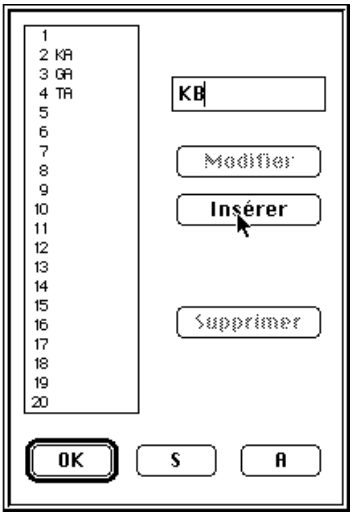
Nous allons répartir ces différents éléments dans les classes suivantes:

KA : tous les éléments du sous-sol du bloc A;
GA : tous les éléments du rez-de-chaussée du bloc A;
TA : tous les éléments des étages du bloc A;
KB : tous les éléments du sous-sol du bloc B;
GB : tous les éléments du rez-de-chaussée du bloc B;
TB : tous les éléments des étages du bloc B;
KC : tous les éléments du sous-sol du bloc C;
GC : tous les éléments du rez-de-chaussée du bloc C;
TC : tous les éléments des étages du bloc C.

Pour définir ces classes dans ConCrete C, nous procéderons comme suit. Dans le menu "**Edition**", sélectionnez la commande "**Liste des classes...**".

Une fenêtre de dialogue s'affiche à l'écran :


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
Modifier
Insérer
Supprimer
OK
S
A


1
2 KA
3 GA
4 TA
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
KB
Modifier
Insérer
Supprimer
OK
S
A

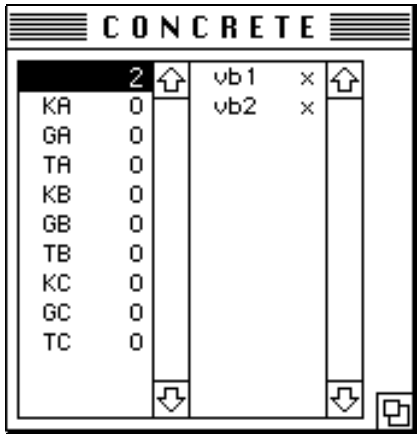
Les dénominations des 20 classes (toutes vierges pour le moment) s'affichent dans la première colonne. La signification des boutons "**OK**", "**S**" et "**A**" figurant dans le bas de la fenêtre de dialogue est identique à celle décrite au point 4.1. Si vous tapez maintenant les lettres "KA" dans le cadre supérieur droit de la fenêtre de dialogue, le bouton "**Insérer**" est activé. Lorsque vous cliquez sur ce bouton, la dénomination "KA" est ajoutée dans la liste des classes. Si vous travaillez toujours dans le même projet que celui détaillé dans les chapitres précédents, les lettres "KA" se trouvent sur la deuxième ligne. ConCrete C considère les éléments que nous avions déjà introduits comme appartenant à la première classe (celle avec la dénomination vierge). Les lettres "KA" se trouveraient sur la première ligne dans le cas d'un nouveau projet où aucun élément a déjà été spécifié. Si nous avions souhaité que la dénomination de la première classe coïncide dans notre projet avec les lettres "KA", nous aurions dû sélectionner la classe figurant dans le rectangle et ensuite appuyer sur le bouton "**Modifier**" au lieu du bouton "**Insérer**". Introduisez maintenant les autres classes en suivant la procédure appliquée pour la classe "KA".

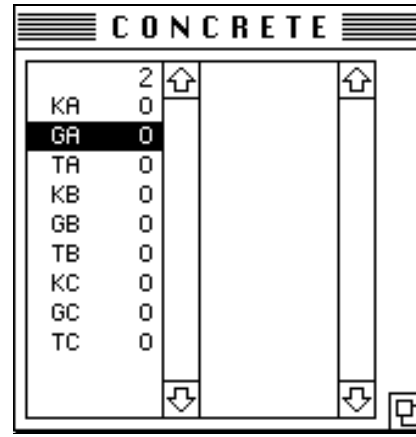
Le bouton "**Modifier**" n'est activé que lorsque vous avez cliqué sur une classe figurant dans la liste des 20 classes et que vous avez tapé au moins un caractère dans le rectangle supérieur droit. Ce bouton vous permet de modifier la dénomination de la classe sélectionnée par la nouvelle appellation introduite.

L'usage du bouton "**Insérer**" est double. Si aucune classe n'a été sélectionnée dans la liste des classes figurant dans la fenêtre de dialogue, le programme recherche la première classe qui ne comprend aucun élément et qui ne porte pas de nom. Par contre, si une classe a déjà été sélectionnée, cette dernière est déplacée d'une place vers le bas, ainsi que toutes les autres classes, et le programme ajoute, à l'endroit sélectionné, une nouvelle classe portant le nom introduit.

Le bouton "**Supprimer**" n'est activé que lorsque vous avez sélectionné une classe figurant dans la liste. Ce bouton vous permet, outre de supprimer la dénomination de la classe, d'effacer tous les éléments que contient cette classe.

Si vous confirmez maintenant les classes paramétrées, la fenêtre **Liste de projet** est affichée comme suit :





Dans la deuxième colonne, vous pouvez visualiser les éléments se trouvant dans la classe sélectionnée de la première colonne. Si vous sélectionnez par exemple la classe "GA", vous verrez que la deuxième liste est vierge, vue qu'aucun élément n'a été introduit dans cette classe.

5.3. Placement d'un élément dans une classe particulière

Lorsque vous aurez introduit et éventuellement calculé un élément, vous souhaiterez probablement le voir figurer dans la classe appropriée. Pour ce faire, sélectionnez d'abord la classe souhaitée

dans la fenêtre **Liste de projet** et ensuite la commande "**Nouveau**" dans le menu "**Elément**". L'élément que nous voyons à l'écran est alors placé dans la fenêtre **Liste de projet** dans la classe choisie. Cette procédure vous permet de choisir la classe dans laquelle devra figurer l'élément, après avoir introduit les paramètres. En outre, cette procédure offre d'autres avantages que vous découvrirez aux points 5.5 et 5.6.

5.4. Rappel d'un élément figurant dans une classe particulère

Si vous souhaitez à un certain instant appeler un élément figurant dans une classe particulière, sélectionnez d'abord cette classe dans la fenêtre **Liste de projet**. Dans la deuxième liste de la présente fenêtre, s'affichent tous les éléments appartenant à cette classe. Deux procédures sont possibles pour appeler une poutre particulière.

La première procédure consiste de sélectionner d'abord l'élément souhaité figurant dans la deuxième liste susmentionnée et ensuite, la commande "**Modifier**" dans le menu "**Elément**". L'élément choisi est alors extrait de la fenêtre **Liste de projet** et affiché dans les fenêtres "**Structure & charges**", "**Diagrammes des efforts**" et "**Croquis d'armatures**". Si un élément déjà paramétré était présent dans ces fenêtres, ce dernier est ajouté à la classe sélectionnée dans la fenêtre **Liste de projet**.

La deuxième procédure consiste de cliquer deux fois sur l'élément en question dans la fenêtre **Liste de projet**. L'effet est identique à la procédure décrite ci-avant .

5.5. Déplacement d'un élément vers une autre classe

Pour déplacer un élément vers une autre classe, il suffit de combiner les procédures décrites aux points 5.3 et 5.4, c.-à-d. appeler d'abord l'élément choisi, ensuite sélectionner la nouvelle classe et enfin déplacer l'élément (par la commande "**Elément**"-"**Nouveau**").

5.6. Duplication d'un élément

Supposez que vous deviez calculer deux éléments pratiquement identiques. Vous pouvez commencer par calculer le premier

élément et ensuite effectuer une copie afin de le modifier en fonction de ces paramètres spécifiques. Pour arriver à ce résultat, procédez de la manière suivante.

Introduisez d'abord les paramètres du premier élément et placez le dans la classe souhaitée, tel que décrit au point 5.3. Sélectionnez ensuite cet élément dans la fenêtre **Liste de projet**. Choisissez la commande "**Dupliquer**" figurant dans le menu "**Elément**". L'élément sélectionné est affiché dans les fenêtres "**Structure & charges**", "**Diagramme des efforts**" et "**Croquis d'armatures**" alors que ce dernier est toujours présent dans la fenêtre **Liste de projet**. Vous venez en fait de faire une copie autonome de l'élément. Cette copie étant la réplique parfaite de l'élément venant d'être introduit, vous pouvez alors effectuer vos modifications sans que celles-ci n'influent le premier élément.

Une première modification sera sans doute la modification du nom de l'élément.

5.7. Suppression d'un élément

Pour supprimer un élément, sélectionnez cet élément dans la fenêtre **Liste de projet**. Cliquez ensuite sur la commande "**Supprimer**" figurant dans le menu "**Elément**". L'élément est alors supprimé. Le résultat est visible non seulement dans la deuxième liste de la fenêtre **Liste de projet** mais également dans la première où le nombre d'éléments de la classe sélectionnée a été réduit d'une unité.

5.8. Modification des éléments figurant dans différentes classes

Pour modifier un élément figurant dans une classe spécifique, appelez d'abord cet élément selon la procédure décrite au point 5.4. Lorsque cet élément est extrait, introduisez vos modifications. Si

vous souhaitez ensuite modifier un élément figurant dans une autre classe et que le premier élément soit replacé dans sa classe originale, vous devez d'abord sélectionner la commande "**Nouveau**" dans le menu "**Elément**" avant de choisir l'autre classe. Si vous ne respectez pas cette procédure, le premier élément sera placé dans la classe contenant le deuxième élément à modifier.

Chapitre 6 Enregistrer, ouvrir et fermer

6.1. Enregistrement d'un nouveau projet

Si vous souhaitez enregistrer votre travail dans un document sur disque dur ou sur une autre unité, sélectionnez la commande "**Enregistrer sous...**" dans le menu "**Fichier**". Le programme vous propose alors d'enregistrer le projet sous le même nom que la référence du projet que vous aviez introduit au point 2.2. Il vous est toutefois loisible d'utiliser un autre nom. Dans ce cas, ce nom devient le nouveau titre de la fenêtre **Liste de projet**.

6.2. Ouverture d'un projet existant

Pour ouvrir un projet existant dans ConCrete, sélectionnez la commande "**Ouvrir**" dans le menu "**Fichier**". Le titre de la fenêtre **Liste de projet** devient alors identique au nom du fichier ouvert.

6.3. Enregistrement d'un projet existant

Il existe deux procédures vous permettant d'enregistrer un projet existant.

La première procédure consiste à enregistrer une seconde fois le document sous la même dénomination en sélectionnant la commande "**Enregistrer**" dans le menu "**Fichier**".
Vous ne pouvez sélectionner cette commande que si vous avez apporté des modifications au projet.

La deuxième procédure consiste à enregistrer le projet sous un nouveau nom en sélectionnant la commande "**Enregistrer sous...**" dans le menu "**Fichier**". Contrairement à la commande décrite ci-dessus, cette commande peut toujours être sélectionnée.

6.4. Sauvegarde automatique

Si vous souhaitez protéger vos fichiers contre la perte de données éventuelle (panne de courant, etc.), sélectionnez la commande "**Sauvegarde automatique**" dans le menu "**Préférences**". Lorsque cette option est activée, vous remarquerez que le signe "□" est affiché. Dans la négative, cette option n'est pas indiquée. Si vous avez activé cette option, le programme sauvegardera automatiquement les données toutes les cinq éléments ajoutés ou modifiés dans le projet. Dans le cas où vous travaillez sur un nouveau projet, le programme vous demandera de spécifier un nom de fichier dès que vous avez entré les cinq premiers éléments .

La procédure décrite ci-dessus ne vous offre toutefois qu'une sécurité relative. Il vous est par conséquent recommandé de toujours effectuer une copie de sauvegarde (back-up) de vos projets. En effet, si une erreur devait survenir lors de l'enregistrement manuel ou automatique, il est possible que toutes les données du projet en cours se perdent. Conservez donc toujours deux copies de vos projets.

6.5. Fermeture d'un projet

Pour fermer un projet, sélectionnez la commande "**Fermer**" dans le menu "**Fichier**". Si le projet a été modifié et n'a pas encore été enregistré, le programme vous demandera automatiquement si vous souhaitez enregistrer les modifications.

6.6. Modification des données du dossier

Pour modifier les données du dossier, sélectionnez la commande "**Modifier...**" dans le menu "**Fichier**". Cette procédure affiche à nouveau la fenêtre de dialogue du point 2.2 dans laquelle il vous est loisible de modifier les données. A l'aide des quatre boutons d'option, il vous est possible de modifier une à une dans la fenêtre de dialogue, les coordonnées du maître de l'ouvrage, de l'architecte, de l'entrepreneur ou de l'ingénieur.

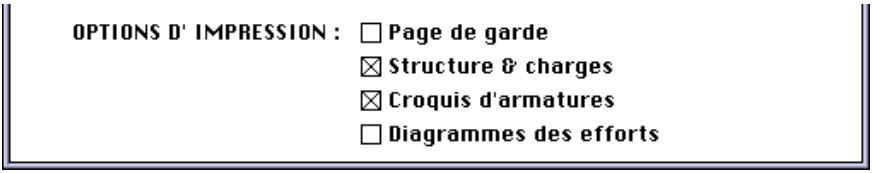
6.7. Arrêt du programme

Pour sortir de ConCrete C, sélectionnez la commande "**Quitter**" dans le menu "**Fichier**". Si vous vous trouvez dans un projet et que ce dernier a été modifié et n'a pas encore été enregistré, le programme vous demande automatiquement si vous souhaitez enregistrer.

Chapitre 7 Imprimer

7.1. Mise en page et options d'impression

Pour choisir les options d'impression, sélectionnez la commande "**Options d'impression…**" dans le menu "**Fichier**".
La fenêtre de dialogue de l'imprimante, ajoutée de quatre options d'impressions spécifiques à ConCrete C, est affichée à l'écran :



L'option "**Page de garde**" vous permet d'imprimer une page de garde reprenant toutes les données du dossier du point 2.2. Les trois autres options vous permettent d'imprimer ou non le contenu des fenêtres qui portent ces titres.

7.2. Impression de l'intégralité d'un projet

Pour imprimer l'intégralité d'un projet, sélectionnez la commande "**Imprimer le projet**" dans le menu "**Fichier**".
Si à ce moment, un élément figure dans les fenêtres "**Structure & charges**", "**Croquis d'armatures**" et "**Diagrammes des efforts**", le programme placera cet élément dans la classe sélectionnée de la fenêtre **Liste de projet** avant d'imprimer tout le dossier, classe par classe et élément par élément. Une **page de garde** sera imprimée par projet, pour autant que cette option ait été sélectionnée. Par élément, sont imprimées les données figurant dans la fenêtre "**Structure & charges**" suivies des valeurs actuelles des paramètres de calcul qui diffèrent des valeurs du dossier. Les données de la fenêtre "**Croquis d'armatures**" et/ou "**Diagrammes des efforts**" sont imprimées ensuite.

Le programme imprime une poutre par page. Une nouvelle page est également commencée lors de l'impression du contenu de la fenêtre "**Diagrammes des efforts**". En outre, le programme calcule toujours l'échelle des diagrammes pour que le graphe corresponde au format de papier sélectionné.

Le code de référence et la date du projet sont imprimés sur chaque page. Vous trouverez également dans le coin supérieur droit le numéro de l'élément, précédé du nom de la classe.

Remarquez que l'information de la fenêtre "**Croquis d'armature**", c.-à-d. la coupe et la vue longitudinale, est imprimée sur échelle.
Vous pouvez spécifier cette échelle en sélectionnant la commande "**Echelles…**" dans le menu "**Préférences**" .

Une fenêtre de dialogue s'affiche à l'écran :

L'échelle des longueurs et des largeurs déterminent la vue longitudinale de l'élément.
L'échelle des coupes détermine la section (la coupe) de l'élément.

Ces échelles sont également utilisées pour la représentation dans la fenêtre "**Croquis d'armature**".

7.3. Impression de l'intégralité d'une classe

Si vous souhaitez imprimer tous les éléments d'une classe particulière, sélectionnez d'abord cette classe dans la fenêtre **Liste de projet** et ensuite la commande "**Imprimer la classe**" dans le menu "**Fichier**". Cette commande opère comme décrit au point 7.2.

7.4. Impression d'un seul élément

Si vous sélectionnez la commande "**Imprimer l'élément**" dans le menu "**Fichier**", ConCrete C imprimera l'élément figurant dans les fenêtres "**Structure & charges**", "**Croquis d'armatures**" et "**Diagrammes des efforts**". La commande opère comme décrit au point 7.2.

Chapitre 8 Astuces

8.1. Sons d'administration

L'introduction de vos donnéese peut être accompagnée d'un son (beep). Pour ce faire, activez l'option "**Sons d'administration**" dans le menu "**Préférences**" (le signe "□" est affiché à côté de l'option).

8.2. L'information dans la fenêtre "Diagrammes des efforts"

Jusqu'à présent, la fenêtre "**Diagrammes des efforts**" ne contenait que quelques uns des diagrammes possibles.

Si vous souhaitez afficher d'autres diagrammes, sélectionnez la commande "**Montrer...**" dans le menu "**Préférences**".

A l'écran s'affiche la fenêtre de dialogue suivante :

L'échelle des diagrammes est toujours déterminée de façon à ce que les diagrammes sélectionnés soient correctement affichés dans la fenêtre.

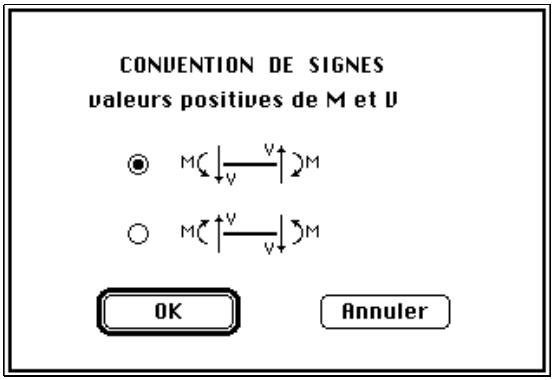
Les diagrammes de la déformée et des angles de rotation sont calculés selon la méthode linéaire-élastique. Si nous indiquons l'option "**en état de fissuration**", le programme non seulement calcule la déformation élastique mais aussi celle à l'état de fissuration. Cette déformation est indiquée en rouge dans la fenêtre "**Diagrammes des efforts**".

Pour le calcul de la déformée en état de fissuration et pour le calcul des contraintes du béton et de l'acier, le logiciel tient compte des quantités d'armature réellement prévues (comme proposées dans la fenêtre "**Croquis d'aramature**").

8.3. Convention de signes pour le moment et l'effort tranchant

Tout le monde n'utilise pas la même convention de signes pour le moment fléchissant M et l'effort tranchant V. La convention de signes peut être modifiée ou affichée en sélectionnant la commande "**Signes**" dans le menu "**Préférences**".

La fenêtre de dialogue vous permet de spécifier votre convention de signes.



8.4. Vérification du flambement

Sélectionnez la commande "**Vérification du flambement…**" dans le menu "Préférences". A l'écran apparait la fenêtre de dialogue suivante :

Comme indiqué dans cette fenêtre, la vérification est effectuée dans les deux directions.
Vous pouvez élimer la vérification dans l'une ou l'autre direction, en fonction des restrictions de l'élément.

8.5. Utilisation du menu "Edition"

Une des principales fonctions qu'offre les interfaces Windows et Macintosh réside dans l'interaction à travers les différents programmes des commandes "**Couper**", "**Copier**", "**Coller**" et "**Effacer**". Dans ConCrete C, ces fonctions peuvent être utilisées dans la fenêtre "**Structure & charges**". Vous pouvez ainsi utiliser ces fonctions pour calculer des charges déterminées à l'aide d'un programme de calcul et copier ensuite ces valeurs dans la case de la barre d'entrée.

La commande "**Annuler**" n'est pas opérationnelle dans le programme ConCrete C.

8.6. Calcul du ferraillage d'un élément appartenant à une ossature

Avec ConCrete C on sait calculer facilement le ferraillage d'un élément (linéair) dont les efforts sont déjà connus.

Il suffit de faire de sorte que pour toute direction pour laquelle il n'existe pas de résistance sous forme d'un appui, les charges de chaque type de charge sont en équilibre.

Attention : dans ce cas, il est impossible de tenir compte du poids propre de manière automatique dans le calcul.

Chapitre 9 Aperçu des menus

9.1. Menu "..." of"ð"

"A propos de ConCrete C…": Informations relatives au présent programme

9.2. Menu "Fichier"

"Nouveau…" : Créer un nouveau projet (voir 2.2)

"Ouvrir…" : Ouvrir un projet existant (voir 6.2)

"Fermer" : Fermer le projet en cours (voir 6.5)

"Enregistrer" : Enregistrer le projet en cours (voir 6.1 et 6.3)

"Enregistrer sous..." : Enregistrer le projet en cours (voir 6.3)

"Mise en page..." : Effectuer la mise en page et indiquer les options d'impressions (voir 7.1)

"Imprimer le projet..." :	Imprimer le projet en cours (voir 7.2)
"Imprimer la classe..." :	Imprimer la classe sélectionnée (voir 7.3)
"Imprimer l'élément..." :	Imprimer l'élément en cours (voir 7.4)
"Modifier…" :	Modifier les données du dossier (voir 6.6)
"Quitter" :	Quitter le programme (voir 6.7)

9.3. Menu "Edition"

"Annuler" :	Non opérationnel
"Couper" :	Voir manuel d'utilisation de Windows ou Macintosh (voir 8.5)
"Copier" :	idem
"Coller" :	idem
"Effacer" :	idem
"Liste des classes..." :	Définir les classes (voir 5.2)

9.4. Menu "Elément"

"Nouveau" :	entrer un nouvel élément (voir 2.3)
"Modifier" :	Modifier l'élément sélectionné (voir 5.4)
"Dupliquer" :	Dupliquer l'élément sélectionné (voir 5.6)

"Supprimer" :	Supprimer l'élément sélectionné (voir 5.7)
"Calculer" :	Calculer l'élément en cours

9.5. Menu "Fenêtre"

"Structure & charges" :	Afficher cette fenêtre en avant-plan (voir 2.3 et 2.4.1)
"Croquis d'armatures" :	idem (voir 2.3 et 2.4.2)
"Diagramme des efforts" :	idem (voir 2.3 et 2.4.3)
Liste de projet :	Afficher la fenêtre **Liste de projet** en avant-plan (voir 2.2 et 5.1)

9.6. Menu "Préférences"

"Montrer…" :	Afficher différents diagrammes des efforts (voir 8.2)
"Signes…" :	Spécifier une convention de signes pour M et V (voir 8.3)
"Sauvegarde automatique" :	Enregistrer le fichier tous les 5 éléments nouveaux (voir 6.4)
"Sons d'administration" :	Sons lors de l'entrée ou de la modification des données (voir 8.1)
"Echelles…" :	Spécifier les échelles du "Croquis d'armature" (voir 7.2)
"Vérification du flambement..." :	Spécifier les directions pour la vérification au flambement (voir. 8.4)

9.7. Menu "Charges"

"charge ponctuelle verticale":	ajouter une charge ponctuelle verticale
"charge ponctuelle horizontale" :	ajouter une charge ponctuelle horizontale
"charge répartie verticale" :	ajouter une charge répartie verticale
"charge répartie horizontale" :	ajouter une charge répartie horizontale
"moment concentré"	ajouter un moment concentré
"Effacer"	éliminer une charge

Chapitre 10 Méthode de calcul

10.1. Calcul statique

Le calcul statique est effectué selon une méthode de calcul linéaire-élastique mono-dimensionnelle offrant une solution continue en matière de diagrammes des efforts. Ceci signifie donc que la solution obtenue à l'aide du programme ConCrete C est une solution exacte en tout point (contrairement à la méthode des éléments finis qui n'offre qu'une valeur moyenne pour chaque élément fini), pour autant que l'hypothèse du calcul linéaire-élastique monodimensionnel soit exacte.

Pour l'élaboration du **diagramme enveloppe**, ConCrete C travaille comme suit (voir 4.5). Les **coefficients de charge** favorable et défavorable, ainsi que les **coefficients de combinaison** sont introduits par l'utilisateur. ConCrete C recherche alors pour chaque type de charge, les portions de l'élément sur lesquelles la charge provoque un effet favorable ou défavorable. Pour les portions de l'élément sur lesquelles la charge susmentionnée provoque un effet favorable, ConCrete C applique le coefficient de charge favorable, et pour les autres portions, le coefficient défavorable.

Pour éviter tout malentendu, il convient de souligner que les valeurs obtenues des diagrammes des efforts prennent en compte les coefficients de sécurité et de combinaison.

En outre, il convient de faire remarquer que les angles de rotation et les flèches sont calculés de façon linéaire élastique, sauf si nous avons indiqué explicitement l'option "à l'état de fissuration" (voir 10.4). Dans ce cas, les flèches sont calculées comme décrit au point 10.3. En fonction des valeurs du module d'élasticité introduites, l'utilisateur peut choisir de tenir compte ou non du retrait et du fluage. Dans le cas où le programme calcule lui-même le module d'élasticité en fonction de la résistance à la compression du béton, la flèche calculée est la flèche du béton à l'âge de 28 jours.

10.2. Calcul organique

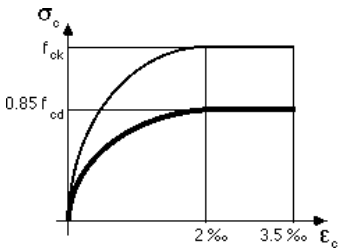
Le calcul organique est intégralement basé sur le calcul aux **états limites** (**états limites ultimes** (états de rupture) et **états limites de service**), tel qu'il est exposé dans la Prénorme Européenne ENV 1992-1-1 (décembre 1991) (**Eurocode 2**) et repris par la norme Belge **NBN B15-002**.
Nous nous limiterons ici à l'explication des particularités de ce calcul. Pour plus de détails, nous vous conseillons de consulter l'Eurocode 2 ou la NBN B15-002.

10.2.1. Etats-limites ultimes

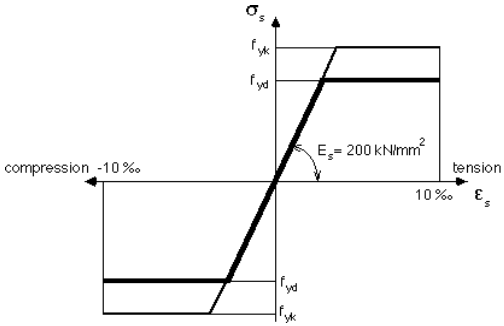
10.2.1.1. Diagramme contraintes-déformations du béton et de l'acier

Pour le béton, ConCrete C se base sur un diagramme en parabole-rectangle. La transition entre la parabole et le rectangle est faite au point où la déformation atteint 2 ‰ .
Pour tenir compte de l'effet des charges de longue durée, la valeur de calcul de la qualité du béton f_{cd} est appliquée avec un coefficient 0.85.

Pour l'acier, ConCrete C se base sur un diagramme bilinéaire.
Le module d'élasticité de l'acier est considéré égal à E_S = 200 kN/mm2.



béton



acier

10.2.1.2. Flexion composée

Le calcul à l'état limite ultime des sections soumises à une flexion composée repose sur les hypothèses fondamentales suivantes :

1) conservation des sections planes avant et après déformation (hypothèse de Bernoulli);

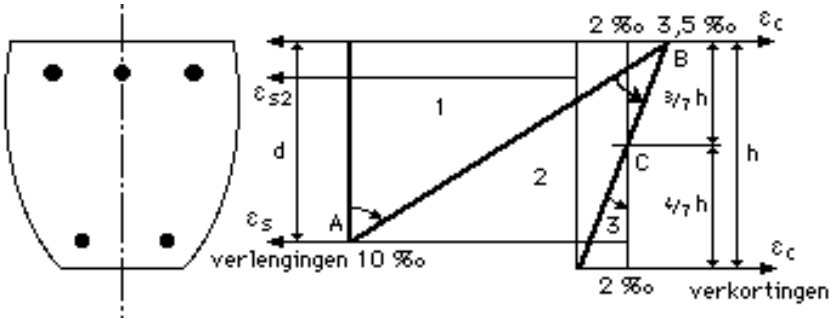
2) chaque armature subit la même variation linéaire que la gaine de béton qui l'entoure;

3) la résistance du béton en traction est supposée nulle;

4) le raccourcissement ultime du béton en compression est égal à 3.5 ‰ ;

5) l'allongement ultime des armatures est limité à 10 ‰ ;

Ces hypothèses fondamentales résultent dans un tas de déformations possibles qui peuvent être catégorisées dans 3 domaines :



Domaine 1 concerne toutes les lignes droites qui pivotent autour du point A et représente les cas de traction simple, de tractoin peu excentrique et de flexion simple et composée. La construction en béton armé va être détruite par épuisement de l'acier.

Dans domaine 2 (lignes par pivot B), la construction va être détruite par épuisement du béton. Nous nous trouvons dans le cas de flexion simple et composée.

Domaine 3 (lignes par pivot C) représente le cas de compression simple ou compression peu excentrique, et la construction va être détruite par épuisement du béton.

Toutes les lignes des 3 domaines repésentent une déformation correspondante à l'état-limite ultime. Pour le dimensionnement à l'état-limite ultime, on détermine l'armature de manière que la ligne qui représente la déformation passe par un des pivots A, B ou C.

Quand la quantité de l'acier supérieur ou inférieur est connue, on sait déterminer l'autre quantité en exigeant que la ligne de déformation doit passer par A, B ou C.

Si aucune des deux n'est connue, il y a toute une série de solutions possibles; chaque solution est une combinaison d'une quantité d'armature supérieure et inférieure et résulte à une ligne de déformation qui passe par A, B ou C. Pour une de ces solutions, la somme des deux quantités est minimale.

10.2.1.3. Effort tranchant

Pour les **éléments avec effort tranchant non-négligeable**, l'armature résistant à l'effort tranchant est déterminée selon la **méthode standard**.

Il convient tout d'abord de contrôler si la contrainte dans les bielles de compression en béton n'est pas trop importante à l'aide de l'expression suivante:

$$V_{sd} \square V_{Rd2} = {}^{1}/_{2}\, \nu * f_{cd} * b * 0.9 * d\,(1 + \cot \alpha)$$

avec

b la largeur de l'âme de l'élément exprimée en mm;

d la hauteur utile de l'élément exprimée en mm;

ν $= 0.7 - f_{ck} / 200 \square 0.5$ (f_{ck} in N/mm^2);

α l'angle que fait l'armature transversale avec la horizontale;

Dans le cas où les étriers verticaux ne suffiraient pas, ConCrete C place alors, non pas des étriers inclinés, mais des **étriers en croix** (combinaison des étriers verticaux et des barres horizontales ayant le même diamètre et le même écartement). Dans ce cas-là, le programme prévoit autant d'armatures horizontales que verticales pour résister aux efforts tranchants afin d'être équivalentes aux étriers inclinés à 45° par rapport à la horizontale, dont la section de ces derniers est supérieur d'un facteur $\sqrt{2}$. Cela signifie que lorsque nous entrons la valeur 1 pour cot α dans la formule supérieure, V_{Rd2} constitue la limite supérieure ultime de V_{sd}. Les valeurs de V_{sd} qui dépassent cette limite supérieure, ne peuvent être reprises, pas même avec des étriers en croix.

Pour la détermination de l'armature résistant à l'effort tranchant, la valeur V_{cd} qui représente la contribution du béton dans la résistance au cisaillement totale, est donnée par la formule:

$$V_{cd} = \tau_{rd} * k * (1.2 + 40 * \rho_l) * b * d$$

avec

τ_{rd} la valeur de calcul de la résistance au cisaillement du béton, exprimée en N/mm^2 et déterminée par $\tau_{rd} = 0.25\ f_{ctk0.05} / \gamma_c$, avec $f_{ctk0.05}$ la résistance caractéris-

tique en traction du béton (= 0.7 * 0.30 * $f_{ck}^{2/3}$) et γ_c le coefficient de sécurité du béton;

k = 1.6 - d □ 1 (d in m);

ρ_l le pourcentage géométrique d'armatures longitudinales; étant donné que nous n'avons pas encore spécifié de diamètres de barre, nous supposons ρ_l égal à zéro;

La valeur V_{wd} venant de l'armature résistant à l'effort tranchant est déterminée par :

$$V_{wd} = A_{sw}/_{S} * 0.9 * d * f_{ywd} * (1 + \cot \alpha) \sin \alpha$$

avec

A_{sw} la section des armatures transversales sur la distance s;

s l'écartement horizontal entre les armatures transversales;

f_{ywd} la valeur de calcul de la qualité d'acier de l'armature transversale.

10.2.1.4. Armature transversale dans les membrures

L'effort tranchant à resister dans les membrures est determiné par :

$$v_{Sd} = \Delta F_d / a_v$$

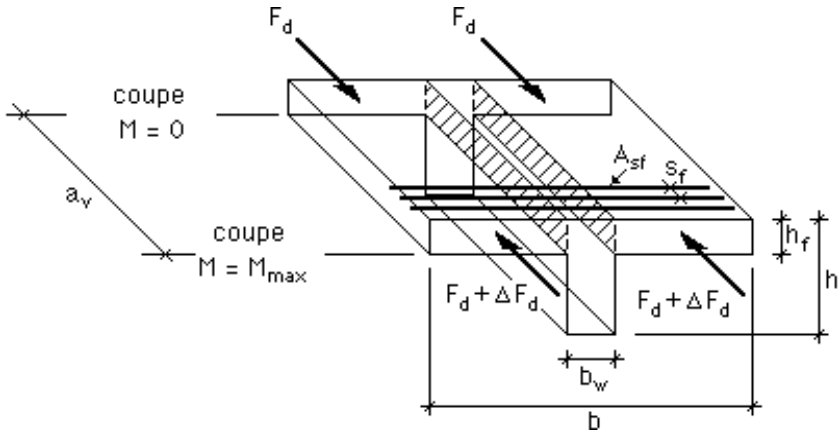
avec

ΔF_d la variation de l'effort normal dans le membrure sur une distance a_v ;

a_v la distance entre l'endroit du moment zéro et celui du moment maximum.

En cas de flexion simple ΔF_d est la résultante des contraintes de compression du béton déterminées par $M_{d,Mmax}$ sur la largeur $(b - b_w)/2$ et la hauteur de la table de compression h_f.

En cas de flexion composée ΔF_d est la différence entre la résultante des contraintes de compression du béton déterminées par ($M_{d,Mmax}$, $N_{d,Mmax}$) et la résultante des contraintes de compression du béton déterminées par ($M_{d,M=0} = 0$, $N_{d,M=0}$). La résultante est toujours calculée sur la largeur $(b - b_w)/2$ et la hauteur de la table de compression h_f.



Il faut que :

v_{Sd} □ $v_{Rd2} = 0.2 * f_{cd} * h_f$

et

v_{Sd} □ $v_{Rd3} = 2.5 * \tau_{Rd} * h_f + A_{sf}/s_f * f_{yd}$

avec

τ_{rd} la valeur de calcul de la résistance au cisaillement du béton, exprimée en N/mm^2 et déterminée par $\tau_{rd} = 0.25\ f_{ctk0.05} / \gamma_c$, avec $f_{ctk0.05}$ la résistance caractéristique en traction du béton ($= 0.7 * 0.30 * f_{ck}^{2/3}$) et γ_c le coefficient de sécurité du béton;

A_{sf} la section de l'armature transversale dans le membrure;

s_f l'écart horizontale entre deux armatures transversales successives.

10.2.1.5. Flambement

Le flambement doit être vérifié à l'état-limite ultime. Comme méthode de calcul, nous utilisons la **Méthode de la colonne modèle**.

Tout d'abord, on détermine la longueur de flambement élastique l_0, tenant compte de toutes les résistances des appuis.

Puis, on considère une colonne fictive de longueur $l_0/2$, encastrée à sa base et libre à l'autre extrémité.

La Méthode de la colonne modèle dit que la déformation horizontale au sommet de la colonne est déterminée par

$$a = 0{,}1 \cdot l_0^2 \cdot 1/r$$

avec

$1/r$ la courbure à la base.

Le moment fléchissant total dans la section critique à la base, est donc donné par :

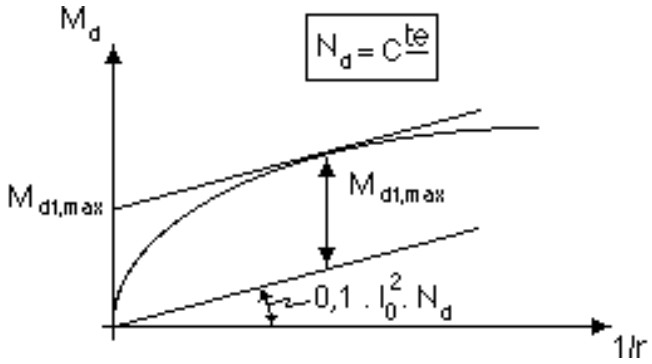
$$M_d = M_{d1} + 0{,}1 \cdot l_0^2 \cdot 1/r \cdot N_d$$

avec

M_{d1} la valeur de calcul du moment fléchissant au premier ordre, tenant compte de l'excentricité additionnelle pour les imperfections géométrique;

N_d la valeur de calcul de l'effort normal.

Si nous fixons l'effort normal N_d et si nous augmentons systématiquement la courbure $1/r$ à partir de zéro, nous pouvons constituer le diagramme moment-courbure (M_d, $1/r$) en mettant la courbure $1/r$ en abscisse et le moment M_d en ordinat.



Pour la détermination de l'ordinat M_d, nous prenons la méthode suivante. A partir d'une courbure donnée, nous recherchons une déformation de la section qui résulte dans un effort normal égal à N_d. Pour la détermination de la résultante, nous nous servons des diagrammes contrainte-déformation du point 10.2.1.1. et nous tenons compte de l'armature réellement prévue. Une fois que nous connaissons la déformation de la section, l'expression de l'équilibre de rotation nous donne immédiatement l'ordinat M_d.

Nous dessinons dans ce diagramme moment-courbure la ligne $M_d = 0{,}1 \cdot l_0^2 \cdot 1/r \cdot N_d$. La distance entre le diagramme moment-courbure et cette ligne, représente la valeur de M_{d1}. La distance maximale entre le diagramme et la ligne détermine la valeur maximale M_{d1max} pour M_{d1} .

10.2.2. Etats limites de service

10.2.2.1. Diagramme contraintes-déformations du béton et de l'acier

Pour le calcul aux etats limites de service, on suppose les deux matériaux comme étant linéair-élastique, avec un rapport fixe entre les modules d'élasticité de l'acier et du béton :

$$E_s/E_c = \alpha = \text{constante.}$$

De nouveau, la résistance du béton en traction est supposée nulle.

10.2.2.2. Limitation des contraintes de compression du béton

A partir des sections d'armature réellement prévues, ConCrete C calcule les contraintes de compression du béton. Quand les contraintes de compression du béton dépassent la valeur maximale admissible, les sections d'armatures inférieures et supérieures sont alors augmentées de sorte que les contraintes de compression du béton soient admissibles.

10.2.2.3. Déformation à l'état de fissuration

La déformation à l'état de fissuration à un certain point x_0 est calculée en appliquant le principe des travaux virtuels :

$$y_{(x=x_0)} = \int_0^l 1/r \,.\, M \, dx$$

Dans cette formule M représente le diagramme des moments fléchissants causé par une charge ponctuelle fictive de valeur 1 à l'endroit où nous cherchons la flèche. L'intégration se fait sur la longueur de l'élément.

La valeur de la courbure 1/r dépend du fait que la section soit fissurée ou pas. Une section devient fissurée dès que le moment fléchissant dépasse le moment de fissuration M_r. Ce moment de fissuration M_r est déterminé pas

$$M_r = (f_r - N / A) W$$

avec

f_r une valeur bien choisie de la résistance à la traction du béton;

N l'effort normal à l'état-limite de service;

A la surface de la section fictive non-fissuré, composée de la section complète du béton augmentée de α fois la section d'armature;

W le moment de résistance de la section fictive non-fissurée.

Pour des sections non fissurées ($M \leq M_r$) la courbure $1/r_1$ est calculée comme suit :

$$1/r_1 = M/EI_1$$

où E est le module d'élasticité du béton et I_1 le moment d'inertie de la section ficitive non-fissurée, c.-à-d. de la section complète du béton, augmentée de α fois la section d'armature requise.

Pour des sections dans des zones *intégralement* fissurées ($M > M_r$) la courbure $1/r_2$ est calculée comme:

$$1/r_2 = M/EI_2$$

où E est le module d'élasticité du béton et I_2 le moment d'inertie de la section ficitive intégralement fissurée, c.-à-d. de la parti comprimée de la section du béton, augmentée de α fois la section d'armature requise.

Dans une zone fissurée, il y a des sections fissurées et des sections non fissurées. La courbure moyenne 1/r pour une section d'une zone fissurée ($M > M_r$) est calculée comme :

$$1/r = (1 - \chi)\ 1/r_1 + \chi\ 1/r_2$$

avec

$$\chi = 1 - \beta_1\beta_2\ (M_r/M)^2$$

β_1 et β_2 sont donnés par

β_1 = 1,0 (barres à adhérence améliorée),
β_2 = 0,5 (charges d'une longue durée).

10.2.3. Armatures minimales

10.2.3.1. Armature longitudinale

La quantité d'armature résultant du calcul expliqué au point 10.2.1.2. doit au minimum égaler la limite inférieure suivante:

$$A_s \square 0{,}15 \cdot N_d / f_{yd}$$

En plus, dans chaque section le maximum de l'armature supérieure et inférieure doit être plus grand que :

$\max(A_{s1}, A_{s2})$ □ $0{,}0015 \cdot A_c$

avec

A_c la surface de la section d'âme du béton

10.2.3.2. Effort tranchant

Pour des **éléments avec effort tranchant négligeable** ($N_d > V_{Sd}$ et $V_{cd} > V_{Sd}$), ConCrete C applique les règles pour la ferraillage des colonnes selon l'Eurocode 2 et le NBN B15-102. L'écartement longitudinale ne peut jamais dépasser les limités supérieures suivantes :

s □ 12 fois le diamètre le plus petit des barres longitudinales;

s □ la plus pletite dimension de la section de l'élément;

s □ 300 mm.

Aux extrémités des éléments, ces écartements maximals doivent être réduites d'une facteur 0,6 sur une distance égale à la plus grande dimension de l'élément.

Pour des **éléments avec effort tranchant non-négligeable** (V_{Sd} □ N_d ou V_{Sd} □ V_{cd}), l'armature résistant à l'effort tranchant provenant de la formule en 10.2.1.3., est, si nécessaire, augmentée dans ConCrete C au pourcentage minimal d'armature ρ_w :

$$\rho_w = A_{sw} / (s * b * \sin \alpha)$$

Si ConCrete utilise des **étriers en croix**, la valeur de α est égale à 45°. Dans ce cas, A_{sw} est toutefois la section d'armature pour les étriers inclinés à 45°. Si les sections d'armature verticales et horizontales sont équivalentes à $A_{sw\#}$, alors $A_{sw} = A_{sw\#} / \sin \alpha$ de sorte que les formules deviennent dans le cas d'étriers en croix:

$$V_{wd} = A_{sw\#}/_{S} * 0.9 * d * f_{ywd} * 2$$

avec

$$\rho_w = 2 * A_{sw\#} / (s * b)$$

Le tableau suivant reprend les différentes valeurs de ρ_w correspondant aux qualités d'acier et du béton.

f_{ck} (in N/mm^2)	Qualité d'acier		
	S 220	S 400	S 500
□ 22.5	0.0016	0.0009	0.0007
22.5 - 37.5	0.0024	0.0013	0.0011
> 37.5	0.0030	0.0016	0.0013

pourcentage minimal d'armature ρ_w

Outre le pourcentage minimal d'armature, ConCrete C tient également compte des écartements horizontaux maximals tel que suggéré dans l'Eurocode 2. Ces derniers sont fonction de l'effort tranchant sollicitant. Les valeurs s_1 et s_2 des écartements horizontaux maximals figurant dans le tableau suivant.

V_{sd}	s_1	s_2

□ $1/5\ V_{Rd2}$	0.8 d	300 mm
$1/5\ V_{Rd2}$ - $2/3\ V_{Rd2}$	0.6 d	300 mm
> $2/3\ V_{Rd2}$	0.3 d	200 mm

écartements horizontaux maximals

Les valeurs supérieures s_{1b} et s_{2b} de l'écartement transversal s_b entre deux "jambes" sont répertoriées dans le tableau suivant .

V_{sd}	s_{1b}	s_{2b}
$\leq 1/5\ V_{Rd2}$	d	800 mm
$1/5\ V_{Rd2}$ - $2/3\ V_{Rd2}$	0.6 d	300 mm
$> 2/3\ V_{Rd2}$	0.3 d	200 mm

écartements transversaux maximals

Les valeurs figurant dans ces deux derniers tableaux sont également valables pour les étriers en croix.