

Calculateur Béton Armé

Version 4.0

Manuel d'utilisation



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

(Page laissée intentionnellement blanche ...)



Programme de calcul d'éléments de structure en béton armé suivant les Eurocodes

Logiciel Calcuette Béton Armé version 4.0

1	Logiciel de calcul d'éléments de structure en béton armé	6
1.1	Présentation	6
1.2	Limites du logiciel	6
1.3	Configuration du logiciel	6
1.4	Modules	7
2	Manuel d'utilisation	9
2.1	Dispositions générales	9
2.2	Annexes	9
2.2.1	<i>Version logicielle</i>	9
2.2.2	<i>Variables</i>	9
3	Formulaire d'accueil du logiciel.....	10
3.1	Généralité	10
3.2	Bouton « A propos... ».....	10
3.3	Bouton « Configuration »	11
3.3.1	<i>Onglet Général</i>	12
3.3.2	<i>Onglet Matériaux</i>	12
3.4	Bouton « Aide ».....	13
4	Calcul et vérification d'armatures longitudinales sous flexion simple - Section rectangulaire	14
4.1	Présentation du formulaire	14
4.1.1	<i>Béton</i>	15
4.1.2	<i>Armatures longitudinales</i>	15
4.1.3	<i>Coffrage</i>	16
4.2	Calcul.....	16
4.3	Étalonnage du logiciel	19
4.3.1	<i>Exemple n°1</i> :	19
4.3.2	<i>Exemple n°2</i> :	19
4.3.3	<i>Exemple n°3</i> :	19
4.3.4	<i>Exemple n°4</i> :	19
4.3.5	<i>Exemple n°5</i> :	20
4.3.6	<i>Exemple n°6</i> :	21
5	Dimensionnement de la section d'armatures longitudinales sous flexion simple pour des poutres de forme en T.....	22
5.1	Présentation du formulaire	22
5.2	Calculs	22
5.3	Étalonnage du logiciel	22
5.3.1	<i>Exemple n°1</i> :	22
5.3.2	<i>Exemple n°2</i> :	23
6	Dimensionnement et vérification d'armatures longitudinales sous flexion composée - Section rectangulaire.....	24
6.1	Présentation du formulaire	24
6.1.1	<i>Béton</i>	25
6.1.2	<i>Armatures longitudinales</i>	25
6.1.3	<i>Coffrage</i>	26
6.1.4	<i>Ouvrage</i>	26
6.1.5	<i>Efforts</i>	26
6.2	Calcul.....	27
6.2.1	<i>Méthodologie de calcul</i>	27



Manuel d'utilisation du logiciel Calcuette Béton Armé

6.2.2	Présentation de la Note de calcul.....	27
6.3	Etalonnage du logiciel	30
6.3.1	Exemple n°1 :	30
6.3.2	Exemple n°2 :	31
7	Dimensionnement de l'enrobage nominal	34
7.1	Conditions d'utilisation	34
7.2	Présentation	34
7.3	Calcul.....	35
7.4	Résultat	35
8	Détermination du moment résistant pour section rectangulaire sous flexion simple.....	36
8.1	Objet du programme	36
8.2	Présentation du formulaire.....	36
8.3	Calcul.....	37
8.4	Validation	38
9	Pré-dimensionnement de poteau.....	39
9.1	Objet du programme	39
9.2	Présentation du formulaire.....	39
9.3	Exemple	40
10	Vérification de dimensionnement de poteau	42
10.1	Objet du programme	42
10.2	Présentation du formulaire.....	42
10.2.1	Onglet Coffrage – Béton – Acier.....	42
10.2.2	Onglet Elancement poteau.....	44
10.2.3	Onglet Efforts.....	46
10.2.4	Onglet environnement.....	48
10.3	Calcul.....	49
10.4	Validation logiciel	50
11	Coefficient de fluage.....	53
11.1	Objet	53
11.2	Présentation du formulaire.....	53
11.3	Validation logiciel	54
12	Diagramme d'interaction	55
12.1	Objet du programme	55
12.2	Présentation du formulaire.....	55
12.2.1	Présentation générale	55
12.2.2	Onglet Coffrage :	55
12.2.3	Onglet Béton :	56
12.2.4	Onglet Armatures :	56
12.2.5	Onglet Eléments de calcul	58
12.2.6	Bouton Calcul :	59
12.2.7	Bouton Imprimer :	59
12.2.8	Bouton Calculateur section acier :	59
12.2.9	Bouton Aide.....	59
12.3	Calcul.....	59
12.3.1	Methodologie	59
12.3.2	Résultats.....	60
12.4	Validation du programme	61
13	Effort maximum de traction par barre	63
13.1	Présentation du formulaire.....	63
13.2	Calcul.....	63
14	Ancrage droit.....	64
14.1	Présentation du formulaire.....	64



14.2	Calcul.....	64
14.3	Validation du programme	64
15	Ancrage courbe.....	67
15.1	Présentation du formulaire.....	67
16	Recouvrement.....	68
16.1	Présentation du formulaire.....	68
16.2	Calcul.....	70
16.3	Exemple :.....	70
17	Calcul des flèches nuisibles.....	73
17.1	Présentation du formulaire.....	73
18	Calculette combinaison barres HA et TS	74
19	Caractéristiques du logiciel	75
19.1	Fonctionnalités par version.....	75
19.1.1	Version 1.0.....	75
19.1.2	Version 2.0.....	75
19.1.3	Version 3.0.....	76
19.1.4	Version 4.0.....	76
19.2	Reprise Glossaire des variables	78
20	Bibliographie	79



1 Logiciel de calcul d'éléments de structure en béton armé

1.1 Présentation

Le logiciel **Calculette Béton Armé** permet le dimensionnement et/ou la vérification d'éléments de structure en béton armé.

Ces calculs sont établis suivant les prescriptions des Eurocodes et des normes qui y sont associées. Toutefois, le logiciel peut autoriser de déroger à certaines prescriptions (voir suite de la notice pour plus de précisions).

1.2 Limites du logiciel

Les modules de calcul peuvent comporter des limitations. Ces dernières sont indiquées pour chaque module correspondant.

Aucune garantie ne peut être donnée sur les performances de ce logiciel. Il appartient à l'utilisateur de le tester et de valider les résultats obtenus.

Le but de ce logiciel est pédagogique, et toute utilisation à titre professionnel ne saurait engager la responsabilité de l'auteur.

1.3 Configuration du logiciel

Ce logiciel a été testé sous système d'exploitation Windows 10 64 bits®. Il n'exige pas de ressources supplémentaires à celles nécessaires au fonctionnement de Windows 10®.

La taille minimale d'écran doit être 1024x764 pixels pour permettre l'affichage complet des formulaires.

Ce programme a été écrit en Visual Basic sous Visual Studio 2015®.

Ce logiciel peut être téléchargé, à partir du site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, sous deux formes :

- Sous format de fichier d'installation. Il s'agit du fichier d'installation qui installera le logiciel sur votre ordinateur. Le programme sera immédiatement opérationnel. Ce fichier porte le nom de Setup.
- Sous format code source. Ce format permet d'apporter des modifications au logiciel en le chargeant dans Visual Studio®, quel que soit la version de ce dernier (Express, Pro, ...). Toutefois, il sera nécessaire de le compiler pour le rendre exécutable. Cette forme nécessite des connaissances en Visual Basic® et dans le maniement du logiciel Visual studio® de Microsoft.

Sous format exe :

Une fois que vous avez « dézippé » le fichier d'installation, cliquez sur le fichier SetupCalculetteBA.exe qui installera automatiquement le logiciel sur votre ordinateur.

Un raccourci du nom du programme sera automatiquement ajouté à votre liste de programme et un raccourci sera placé sur votre bureau. Cliquez sur le raccourci et le logiciel démarre.

Sous format code sources :

Pour ceux peu habitués avec le langage Visual Basic, chaque fois que vous créez un formulaire xxx, 3 fichiers sont automatiquement créés : xxx.designer.vb, xxx.resx et xxx.vb. Je vous renvoie à la documentation de Visual Studio pour la correspondance des différents fichiers.

Traitement de texte interne :



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Le logiciel comprend un traitement de texte minimaliste pour afficher les notes de calcul. Ces dernières sont au format rtf 1.6. Ce format est libre, il peut donc être ouvert avec Word®, OpenOffice® ou tout autre traitement de texte.

Il est possible d'imprimer cette note de calcul directement depuis le traitement de texte interne, ce dernier numérotant automatiquement les pages.

Si vous choisissez d'imprimer depuis Word, il vous faudra par contre penser à les numéroter.

Ce traitement de texte n'est pas de ma conception et je tiens ici à remercier :

- ShareVB pour la gestion des flux rtf et qui a bien voulu mettre à disposition ces sources sur le site Codes Sources à l'adresse <http://www.vbfrance.com/code.aspx?ID=44490>
- développeur 2006 pour l'affichage d'édition de texte et qui a bien voulu mettre à disposition ces sources sur le site Codes Sources à l'adresse <http://www.codes-sources.com/code.aspx?ID=37918>

1.4 Modules

Ce logiciel se compose de plusieurs modules de calculs, tous indépendant les uns des autres.

- **Calcul armatures longitudinales section rectangulaire** : Dimensionnement de la section d'acier nécessaire à la reprise des efforts exercés sur la section rectangulaire. Flexion simple uniquement.
- **Calcul armatures longitudinales section en T** : Dimensionnement de la section d'acier nécessaire à la reprise des efforts exercés sur la section en T. Flexion simple uniquement.
- **Enrobage** : Détermination de l'enrobage des armatures en fonctions des conditions d'exploitation.
- **Calcul moment résistant** : Détermination du moment résistant d'une section rectangulaire.
- **Prédimensionnement poteau** : détermination des côtes du poteau à partir des efforts sollicitant. Utiliser le module suivant « Vérification poteau » pour valider les côtes prédimensionnées.
- **Vérification poteau** : vérification du dimensionnement d'un poteau béton armé suivant l'Eurocode 2. Utiliser le module précédent pour déterminer les côtes du poteau sauf si ces dernières ont déjà été établies.
- **Coefficient fluage** : calcul du coefficient de fluage suivant l'annexe B de l'Eurocode 2.
- **Diagramme d'interaction** : Calcul et affichage du diagramme d'interaction de section rectangulaire ou circulaire.
- **Ancrage droit** : calcul de la longueur d'ancrage droit d'un acier HA ou d'un TS
- **Ancrage courbe** : calcul de la longueur d'ancrage courbe d'un acier HA ou d'un TS
- **Flèche nuisible** : calcul de
- **Section Acier** : utilitaire permettant le calcul de la section d'acier à partir du nombre de barres et/ou de treillis soudés souhaités

Les calculs sont réalisés en conformité avec l'Eurocode 2. Suivant le cas, ces prescriptions peuvent être complétées par des dispositions présentées dans la littérature technique quand cette dernière n'est pas opposable avec les documents officiels.


Chaque composant fait l'objet d'une présentation détaillée dans cette notice.

Un seul composant est commun à l'ensemble des modules, il s'agit du formulaire d'accueil du logiciel. Ce formulaire vous permet de vous orienter vers le module souhaité, de vous indiquer la version logicielle et, enfin, de configurer votre logiciel suivant les options qui vous conviennent le mieux.

Les modules sont accessibles directement depuis l'écran d'accueil.



Figure 1-1 - Ecran d'accueil

Dans les formulaires des différents modules, vous verrez apparaître un ou plusieurs icônes . Ces derniers permettent, en cliquant dessus, d'afficher une aide en ligne en rapport avec l'item lui faisant face. Voir les paragraphes traitant des onglets pour plus de précisions.



2 Manuel d'utilisation

2.1 Dispositions générales

La présente notice reprend en détail chaque module et présente un ou plusieurs exemples d'applications pour chaque module, ceci afin de mieux illustrer les possibilités de calcul de chaque module.

L'image illustrant les formulaires est toujours présenté en position remplie et calculée afin d'être la plus pédagogique possible. Généralement, ce point est précisé.

Pour éviter d'alourdir la notice, les exemples de calcul sont reportés en annexe. Pour la version électronique de ce document, un lien hypertexte permet d'accéder à l'exemple directement.

La notice comporte aussi des annexes :

- Version logicielle
- Variables
- Exemples de calcul (comme indiqué plus haut).

Quand le présent document parle d'Annexe Nationale sans autre précision, il s'agit toujours de l'Annexe Nationale Française.

Quand le présent document parle de Recommandations Professionnelles sans autre précision, il s'agit toujours des Recommandations Professionnelles Française de mars 2007.

2.2 Annexes

2.2.1 Version logicielle

Indique pour chaque version logicielle les caractéristiques modifiées par rapport à la version logicielle immédiatement précédente.

2.2.2 Variables

Cette annexe indique les variables utilisées dans le logiciel avec leur signification. Cela n'a d'intérêt que pour les personnes désirant comprendre le fonctionnement interne du logiciel et, éventuellement, pouvoir apporter les modifications qu'ils souhaitent.

Il va sans dire, que je me sers constamment de cette annexe quand je veux porter des modifications au logiciel. Cela permet de me rappeler la signification de telle ou telle variable. C'est donc un outil de travail précieux pour tous ceux qui désireraient modifier le logiciel.

Je précise aussi que je choisie le nom des variables la plus proche possible de celles qui figurent dans les règlements de calcul. Cela présente l'énorme avantage de retrouver à l'écran la même équation que celle figurant dans le règlement et d'éviter à avoir à jongler, sans cesse mentalement, entre le nom de la variable figurant dans l'équation du règlement et celle figurant à l'écran. De plus, Visual Basic® accepte des noms de variables en lettres grecques, ce serait dommage de ne pas s'en servir pour faire figurer le même nom de variables dans le logiciel que dans le règlement.

Donc, de manière générale, le nom de la variable est suffisamment explicite.



3 Formulaire d'accueil du logiciel

3.1 Généralité

Au lancement du logiciel, apparaît la page de menu qui permet de vous orienter vers le calcul que vous désirez effectuer.

Cette page se présente de la manière suivante :



3-1 – Menu général

Chaque bouton correspond à un module de calcul. Ainsi, si vous cliquez sur le bouton « Calcul armatures longitudinales section rectangulaire », vous allez activer la procédure de calcul de détermination des armatures longitudinales dans une section rectangulaire.

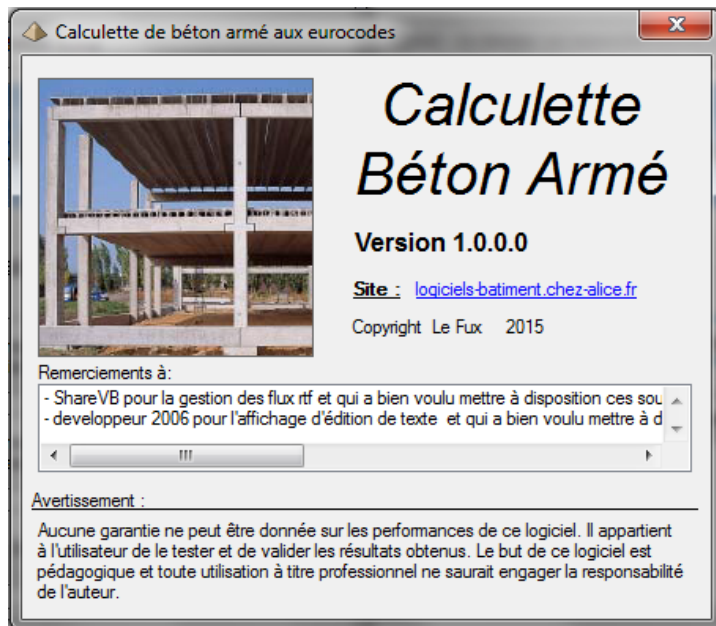
A tout moment et pour chaque module de calcul, vous avez la possibilité de revenir à ce menu en cliquant sur le bouton de fermeture du formulaire (la croix rouge en haut, à droite du formulaire) ou en cliquant sur le bouton « Quitter », ou, enfin, en appuyant sur la touche « Echap » de votre clavier

Tous les boutons appellent un module de calcul sauf les boutons « A propos... », « Configuration » et « Aide » qui sont génériques à l'ensemble du logiciel.

3.2 Bouton « A propos... »

L'appui sur le bouton « A propos... » affiche un écran précisant la version logicielle installée sur votre ordinateur. Ceci est important pour connaître les fonctionnalités offertes. Ainsi, une fonction sera disponible dans la version 2.0 mais pas nécessairement dans la version 1.0.

Le formulaire « A propos » se présente de la manière suivante :



3-2 - Formulaire A propos

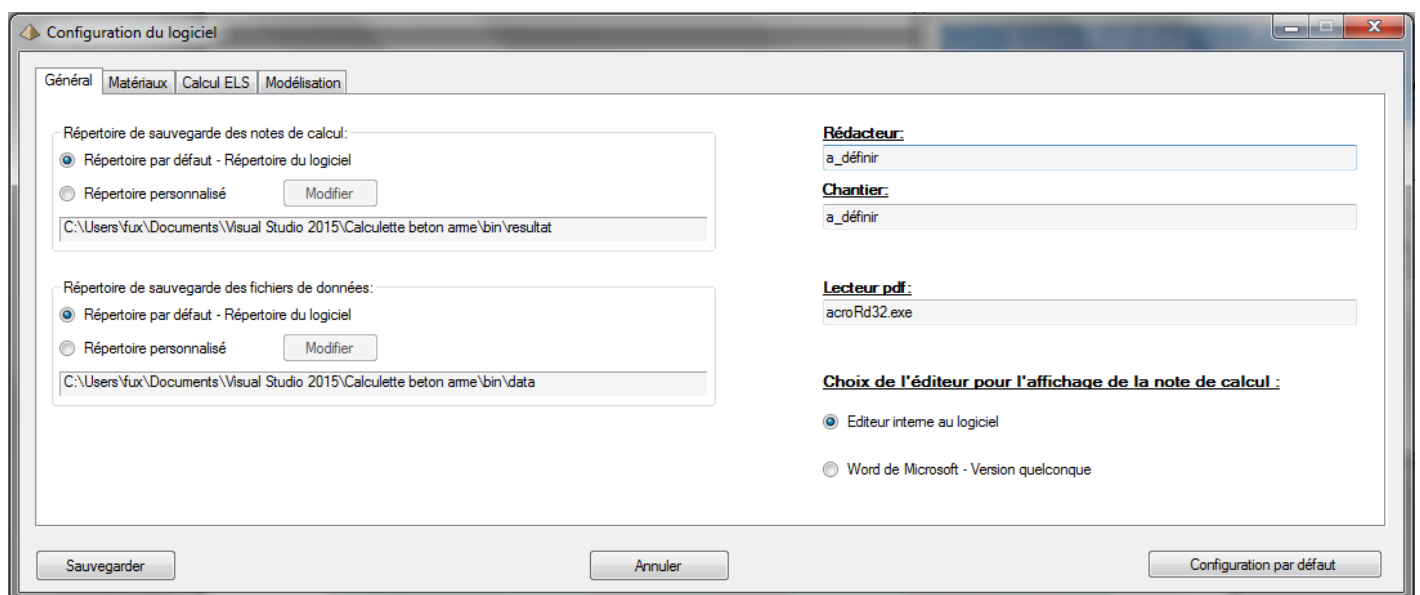
La notice vous indique, en général, à partir de quelle version, une fonctionnalité est disponible. Si aucune indication ne s'y trouve, reportez-vous en annexe « Fonctionnalités par version » où se trouve la liste des modifications, version par version.

3.3 Bouton « Configuration »

Le bouton « Configuration » vous permet de personnaliser votre logiciel.

Ainsi, si dans le module de calcul des efforts induits par les ponts roulants, vous préférez entrer les longueurs en mm plutôt qu'en m, il vous suffit de l'indiquer dans le module configuration. Ainsi, pour toutes les variables ou le logiciel l'autorise, vous aurez la possibilité de le configurer suivant votre choix.

Ainsi, en cliquant sur le bouton « Configuration », vous faites apparaître le formulaire suivant :



3-3 - Formulaire Configuration



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Ce formulaire dispose de 2 boutons :

- Le bouton « Configuration par défaut » qui réinitialise le fichier de configuration avec les valeurs par défaut. Les données sont inscrites en dur dans le programmes ce qui permet de les conserver même en cas de crash du logiciel ou de la sauvegarde.
- Le bouton « Sauvegarde » qui permet d'enregistrer les nouvelles valeurs et de les sauvegarder dans un fichier dénommé « cfg_CalculetteBA.ini » et qui se trouve dans le même répertoire que le fichier exe du logiciel.
- Le bouton « Annuler » qui permet de ne pas prendre en compte les éléments renseignés et quitte le formulaire.

Ce formulaire présente plusieurs onglets :

- Onglet général : valable pour informations applicables à l'ensemble des modules du logiciel (voir figure ci-dessus)
- Onglet Matériaux : caractéristiques générales des bétons et des aciers imposé par l'Eurocode 2.

Ce formulaire permet de conserver pour de futurs calculs des données numériques qui vous sont particulières et/ou garder des configurations d'entrée de données qui ont vos préférences.

3.3.1 Onglet Général

Comme indiqué précédemment, cet onglet s'applique à l'ensemble des modules du logiciel.

Il présente les éléments suivants :

- Choix du répertoire dans lequel seront sauvegardés les fichiers des données de calculs. Il affiche le répertoire par défaut mais vous donne la possibilité de sauvegarder dans un autre répertoire de votre choix.
- Choix du répertoire dans lequel seront sauvegardés les fichiers des données de calculs. Même possibilité que pour le répertoire précédent.
- Précision du rédacteur et du chantier pour intégrer ces renseignements dans la note de calcul.
- Lecteur pdf : le nom complet doit être renseigné (voir image).
- Choix de l'éditeur de texte : interne ou externe (interne dans le cas présenté sur la figure ci-avant)

3.3.2 Onglet Matériaux

L'onglet se présente de la manière suivante :

Béton :	
γ_b - ELU situation durable ou transitoire :	1.50
γ_b - ELU situation accidentelle :	1.20
γ_b - ELS :	1.00

Acier passifs :	
Masse volumique :	7850 (Kg/m3)
Module d'élasticité E_s :	200 (GPa)
γ_s - situation durable ou transitoire :	1.15
γ_s - situation accidentelle :	1.00

Barres et fils redressés:		Treillis soudés:	
Classe A - Ductilité k :	1.05	euk :	2.50 (%)
Classe B - Ductilité k :	1.08	euk :	5.00 (%)
Classe C - Ductilité k :	1.15	euk :	7.50 (%)

Figure 3-4 - Onglet matériaux

Cet onglet affiche différentes caractéristiques pour le béton et l'acier. Voir Eurocode 2 pour la signification.



3.4 Bouton « Aide »

Ce bouton permet d'afficher le manuel d'utilisation du logiciel (soit le présent document).

Ce manuel est au format pdf et peut être affiché avec un lecteur pdf.



4 Calcul et vérification d'armatures longitudinales sous flexion simple - Section rectangulaire

4.1 Présentation du formulaire

Ce logiciel permet :

- Soit la détermination de section d'acier des armatures longitudinales à l'ELU et si une valeur pour le moment à l'ELS a été renseignée, le calcul des contraintes sur les sections aciers et la fibre extrême béton
- Soit la vérification des contraintes sur la fibre extrême béton et sur les armatures aciers si le moment ELS a été renseigné.

Le formulaire se présente de la façon suivante, une fois entièrement renseignée et le calcul effectué (A noter ici, que le calcul ELS a été réalisé) :

Béton :
fck : C30/37
Modèle Rhéologique : Diagramme bilinéaire Diagramme parabole - rectangle

Coffrage :
bw : 30 cm
h : 60 cm
C1 : 3 cm
C2 : 6,6 cm

Acier armature :
B500B
Coefficient d'équivalence Acier passif - Béton - n = 15

Efforts ELU :
Mu : 292,5 KN.m
 Situation durable ou transitoire
 Situation accidentelle

Efforts ELS :
Ms : 210 KN.m
 Vérification ELS
Acier section sup : 0 (cm²) - acier inf : 14,04 (cm²)

Résultat section armature :
Asup : 0,00 (cm²)
Ainf : 13,70 (cm²)

Contraintes :
σ béton : 14,23 (MPa)
σ acier sup : S.O. (MPa) σ acier inf : 322,93 (MPa)

Figure 4-1 - Formulaire calcul section acier pour élément de forme rectangulaire

Quel que soit le calcul lancé, les items « Béton », « Acier » et « Coffrage » doivent être renseignés.

Si vous faites uniquement un calcul ELU, pensez à mettre 0 dans le champ de texte Ms ELS sinon une erreur s'affichera et aucun calcul ne sera lancé.

Si vous faites uniquement un calcul ELS, pensez à mettre 0 dans le champ de texte Mu ELU sinon une erreur s'affichera et aucun calcul ne sera lancé.



Cliquez sur le bouton « Calcul » pour lancer le calcul une fois tous les champs renseignés : ELU si dimensionnement ELU, ELS si uniquement vérification ELS ou les 2 si dimensionnement et vérification.

The screenshot shows a software window with two buttons at the top: 'Calcul' (highlighted in blue) and 'Editer'. Below the buttons, there are two sections. The first section is titled 'Résultat section armature:' and contains two input fields: 'Asup : 0.00 (cm²)' and 'Ainf : 11.44 (cm²)'. The second section is titled 'Contraintes :'. The entire window has a light gray background and a thin black border.

Figure 4-2 - Affichage des résultats du calcul.

Le calcul terminé, le logiciel affiche :

- Les sections d'armature calculées (calcul ELU)
- Les contraintes (calcul ELS)

Le bouton « Editer » apparaît une fois un premier calcul effectué. Ce bouton permet l'affichage de la note de calcul complète et détaillée. Cette note de calcul peut être sauvegardée.

Dans le cas de figure ci-dessus, seul un calcul ELU était demandé.

Pour un calcul ELS, les contraintes sont affichées. Toutefois, soit un calcul ELU doit être lancé simultanément, soit les sections d'armatures doivent être renseignées.

Le coefficient d'équivalence acier passif – béton est fixé à 15 et n'est pas modifiable dans la présente version.

4.1.1 Béton

Conformément aux dispositions de l'Eurocode 2, les caractéristiques du béton doivent correspondre à une des classes imposées :

- C12/15
- C20/25
- Etc. ...

Le 1^{er} chiffre étant la résistance caractéristique à la compression sur cylindre à 28 jours, le 2nd chiffre étant la résistance caractéristique à la compression sur cube à 28 jours.

Rhéologie du béton : Il est fait utilisation de la courbe contrainte – déformation bilinéaire du béton suivant disposition EN1992-1-1 §3.1.7(2) ce qui permet de pouvoir utiliser les dispositions du §3.1.7(3) avec la mise en œuvre du diagramme rectangulaire de compression dans la section béton comprimé.

Ces éléments de modélisation ne sont pas modifiables dans la présente version.

4.1.2 Armatures longitudinales

Conformément aux dispositions de l'Eurocode 2, les caractéristiques de l'acier composant les armatures longitudinales doivent correspondre à une des trois classes de ductilité imposées :

- A : ductilité faible
- B : ductilité moyenne
- C : ductilité forte (utilisé pour les structures en zone sismique)



Manuel d'utilisation du logiciel Calcuette Béton Armé

Rhéologie de l'acier : courbe contrainte – déformation de l'acier : Le logiciel va adapter le courbe contrainte-déformation de l'acier en fonction du moment sollicitant. Le calcul sera donc établi soit en pivot A (branche inclinée) soit en pivot B (branche horizontale ou branche inclinée suivant le résultat le plus favorable).

La note de calcul précise :

- Sur quel pivot le dimensionnement a été établi.
- En pivot B, si utilisation ou pas de la branche inclinée

4.1.3 Coffrage

Les éléments caractérisant le coffrage sont :

- H : hauteur totale de la section
- Bw : largeur totale de la section
- C1 : distance entre la génératrice supérieure et le centre de gravité de la section d'armature supérieure. Doit toujours être indiqué même si le calcul détermine par la suite que la section ne nécessite pas d'armature supérieure.
- C2 : distance entre la génératrice inférieure et le centre de gravité de la section d'armature inférieure.

Le logiciel ne procède à aucune vérification sur la qualité de l'enrobage sauf si ce dernier est inférieur à 10 mm (valeur minimale imposé par l'EN).

Affiche le coefficient d'équivalence acier passif – béton. Ce coefficient appelé « n » n'est pas modifiable dans la présente version.

4.2 Calcul

Une fois le calcul terminé, vous pouvez contrôler le calcul en éditant la note de calcul.

Cette dernière se présente sous la forme suivante :



Note de calcul de dimensionnement

Note de calcul du : 09_01_2019_18_14_36
 Rédacteur : a_définir
 Chantier : a_définir
 Logiciel : Calculette Béton Armé version 1.0 2014

1 - Rappel des hypothèses

Code de calculs: NF EN 1992-1-1 octobre 2005 et AN mars 2007

Béton:

- fck :30 MPa.
 - γ_c :1,5
 - $\eta.fcd$:20,00 MPa.

Acier:

- Classe B - k = 1,08 - ϵ_{uk} = 5,00 %
 - fyk :500 MPa.
 - γ_s :1,15
 - fyd :434,8 MPa.

Coffrage:

- hauteur section h: 60,0 cm.
 - largeur section bw: 30,0 cm.
 - distance cdg acier sup./arête sup. Csup: 3,0 cm.
 - distance cdg acier inf./arête inf. Cinf: 6,0 cm.

Sollicitations:

- Etat Limite Ultime:
 - Moment de flexion Mu: 292,5 KN.m.
 - Etat Limite de Service:
 - Moment de flexion Ms: 210,0 KN.m.

2 - Calcul

2 - 1 Détermination des sections d'acier à l'ELU

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).

Les résultats du calcul sont regroupés dans le tableau ci-après.

Variables	Unité	Valeur	Observations
d	cm	54,0	hauteur utile
μ limite AB		0,0561	moment réduit limite
μ		0,1672	$> \mu$ limite - Calcul en Pivot B
α		0,2302	Rapport x/d
Zu	cm	49,0	bras de levier
As inf	cm ²	13,72	section acier armature inférieure
ϵ_c	‰	3,50	déformation maximale béton
σ_c	MPa	20,00	contrainte compression béton
ϵ_s	‰	11,71	$f_{yd}/E_s = 2,17\%$ et $\epsilon_{ud} = 45,00\%$
σ_s	MPa	441,72	utilisation branche incliné (à comparer à 434,8MPa)
A inf corrigé	cm ²	13,51	section acier armature inférieure optimisée

Vérification de la capacité de rotation en analyse plastique (EN1992-1-1 §5.6.3(2)):
 $\alpha = 0,230 \leq 0,45$ - Formation de la rotule plastique satisfaisante

2 - 2 Détermination des contraintes sur le béton et l'acier à l'ELS

Variables	Unité	Valeur	Observations
x	cm	21,08	axe neutre
I shr	dm ⁴	31,32	Inertie Section homogénéisée réduite (ou inertie fissurée)
σ_c	MPa	14,14	$< \sigma_c$ limite = 18,00 MPa - OK
σ_s A sup	MPa		Sans objet - Pas de section d'acier supérieur
σ_s A inf	MPa	331,0	$< 0,8.f_{yk} = 400,0\text{MPa}$ -> OK



4.3 Etalonnage du logiciel

L'étalonnage du logiciel a été réalisé en comparaison avec :

- Les calculs trouvés dans la littérature ; en l'occurrence ici, Livre « Application de l'Eurocode 2 » 1^{ère} édition 2005
- Le fichier Excel DT0129 mis à disposition par Mr THONIER
- Exemples 1 à 4 : fe 500B et C25/30

4.3.1 Exemple n°1 :

Section rectangulaire 100x20 – d=17.5cm Mu=22kN.m – Calcul en pivot A

Valeurs	Livre « Application de l'Eurocode 2 » page 160	Logiciel « Calculette BA »	Fichier Excel DT0129
σ_c (MPa)	Non fourni	16.67	16.67
σ_s (MPa)	Non fourni	465.93	465.9
μ	0.043	0.0431	0.043
As (cm ²)	2.75	2.76	2.76

4.3.2 Exemple n°2 :

Section rectangulaire 100x20 – d=17.4cm Mu=29kN.m – Calcul en pivot B

Valeurs	Livre « Application de l'Eurocode 2 » page 160	Logiciel « Calculette BA »	Fichier Excel DT0129
σ_c (MPa)	Non fourni	16.67	16.67
σ_s (MPa)	468	465.04	465.0
μ	0.058	0.0575	0.057
As (cm ²)	3.68	3.69	3.69

4.3.3 Exemple n°3 :

Section rectangulaire 188x60 – d=55 cm Mu=226kN.m – Calcul en pivot A

Valeurs	Livre « Application de l'Eurocode 2 » page 141	Logiciel « Calculette BA »	Fichier Excel DT0129
σ_c (MPa)	Non fourni	13.33	16.67
σ_s (MPa)	470	465.93	465.9
μ	Non fourni	0.0238	0.0238
As (cm ²)	8.85	8.93	8.93

Le livre comporte quelques erreurs ce qui explique une valeur de As plus basse.

Différence par rapport à la feuille Excel sur la contrainte du béton mais la feuille Excel ne fait pas apparaître la valeur de déformation de la fibre extrême du béton.

4.3.4 Exemple n°4 :

Section rectangulaire 15x60 – d=55 cm Mu=216kN.m – Calcul en pivot B

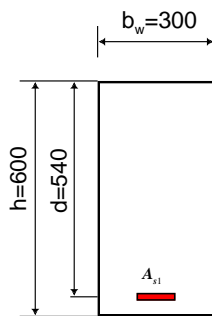


Valeurs	Livre « Application de l'Eurocode 2 » page 143	Logiciel « Calculette BA »	Fichier Excel DT0129
σ_c (MPa)	Non fourni	16.67	16.67
σ_s (MPa)	437	436.56	436.6
μ	Non fourni	0.2856	0.2856
As (cm ²)	10.9	10.87	10.87

4.3.5 Exemple n°5 :

Origine de l'exemple : Projet BA Cortex Exemple n°2

- ❖ Sollicitations non pondérées $M_g = 150 \text{ mkN}$; $M_q = 60 \text{ mkN}$
- ❖ Caractéristiques géométriques $b_w = 300 \text{ mm}$ $h = 600 \text{ mm}$
- ❖ Classe structurale : $S4$ (durée d'utilisation du projet = 50 ans)
- ❖ Poutre à l'intérieur d'un bâtiment : Environnement : classe d'exposition $XC1$
- ❖ Matériaux :
 Béton $C30/37$ $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ Le tableau E1.1 : NF EN 1992-1-1/NA indique les classes de résistance minimales en fonction des classes d'exposition.
 Acier : B500 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ classe B diagramme bilinéaire avec branche supérieure inclinée



Disposition géométrique : (Voir ci-contre)

Sollicitations ELU :

$$M_u = 1.35 \times 150 + 1.50 \times 60 = 292.5 \text{ KN.m}$$

Sollicitations ELS : combinaison caractéristique

$$M_s = 150 + 60 = 210 \text{ KN.m}$$

Sous sollicitation ELU :

Valeurs	Projet BA Cortex	Logiciel « Calculette BA »	Fichier Excel DT0129
ϵ_c (‰)	3.5	3.5	
σ_c (MPa)	20	20	20
ϵ_s (‰)	11.7	11.71	
σ_s (MPa)	441.7	441.72	441.7
μ	0.167	0.1672	0.1672
As (cm ²)	13.51	13.51	13.51

Sous sollicitation ELS :

En prenant les valeurs de base ELU

Variables	Projet BA Cortex	Logiciel « Calculette BA »
x (cm)		21.08
I shr (dm ⁴)		31.32



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

σ_c (MPa)		14.14
σ_s A inf (MPa)		331

En prenant les valeurs corrigées (fonctions des armatures réellement mises en place et du nouveau bras de levier)

Variables	Projet BA Cortex	Logiciel « Calculette BA »
x (cm)	21.27	21.25
I shr (dm ⁴)	31.5	31.36
σ_c (MPa)	14.2	14.23
σ_s A inf (MPa)	322.3	322.9

Les résultats sont quasi-identiques.

4.3.6 Exemple n°6:

Origine de l'exemple : Projet BA Cortex Exemple n°5

Section rectangulaire 30x60 – d=51 cm d₂ = 5cm Mu=627kN.m – Acier à branche horizontale

F_{ck} = 30MPa ; F_{yk} = 500 catégorie B ;

Valeurs	Projet BA Cortex	Logiciel « Calculette BA »	Fichier Excel DT0129
ϵ_c (‰)	3.5	3.5	
σ_c (MPa)	20	20	20
ϵ_s sup (‰)	2.94	2.94	
σ_s sup (MPa)	434.7	435.34	435.3
ϵ_s inf (‰)	2.17	2.17	
σ_s inf (MPa)	434.7	434.7	434.8
μ	0.40	0.4018	0.4018
As inf (cm ²)	37.08	37.08	37.08
As sup (cm ²)	2.35	2.34	2.34

Le logiciel « Calculette BA » a calculé avec un acier à branche incliné, ce qui explique la contrainte légèrement plus élevée et une section légèrement plus faible. Mais cela ne change pas fondamentalement les calculs.

Les résultats sont identiques entre le fichier Excel et le logiciel « Calculette »



5 Dimensionnement de la section d'armatures longitudinales sous flexion simple pour des poutres de forme en T

5.1 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente de la façon suivante :

The screenshot shows the software interface for calculating and verifying longitudinal reinforcement for a T-section. The window title is "Calcul et vérification d'armatures longitudinales - Section en T". The interface is divided into several sections:

- Béton :** fck is set to C25/30. The rheological model is "Diagramme bilinéaire".
- Acier armature :** The steel grade is B500B. The rheological model is "Acier à palier incliné".
- Efforts ELU :** Mu is set to 0 KN.m. The situation is "Situation durable ou transitoire".
- Efforts ELS :** Ms is set to 0 KN.m. The "Vérification ELS" checkbox is checked. There are input fields for "Acier section sup" and "acier inf" in cm², and a checkbox for "Limiter la contrainte de compression du béton suivant 7.2.(2)".
- Coffrage :** Dimensions bw, h, b1, h1, C1, and C2 are input fields with units in cm. C1 and C2 are currently set to 2.5 cm.
- Diagramme :** A cross-section diagram of a T-section is shown on the right, with dimensions b1, h, bw, c1, c2, Asup, and Ainf.
- Buttons :** A "Calcul" button is located at the bottom left.
- Output :** Fields for "Résultat section armature" and "Contraintes" are at the bottom.

Figure 5-1 - Formulaire section en T

Les champs de texte à remplir ont même signification que pour la calculette « poutre rectangulaire » voir chapitre précédent.

5.2 Calculs

Voir chapitre 4 – Pas de différence en dehors de la table de compression.

5.3 Etalonnage du logiciel

L'étalonnage du logiciel a été réalisé en comparaison avec :

- Les calculs trouvés dans la littérature ou sur le net ; en l'occurrence ici, Livre « Application de l'Eurocode 2 » 1^{ère} édition 2005

5.3.1 Exemple n°1 :

Exemple de calcul où la poutre en T peut se ramener au calcul d'une poutre rectangulaire.



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Section en Té table 200x15cm, 125x55 – d=110cm $M_u=5255\text{kN.m}$ – Fe : 500B. $F_c : 35\text{MPa}$. $M_s= 3675\text{ KN.m}$

$M_t > M_u$ → La section en Té pouvant être ramenée à une section rectangulaire, le fichier Excel peut être utilisé.

Valeurs	Livre « Application de l'Eurocode 2 » page 111	Logiciel « Calculette BA »	Fichier Excel DT0129
ϵ_c (‰)	3.5	3.5	
σ_c (MPa)	23.3	23.33	23.33
ϵ_s (‰)	25.1	25.11	
σ_s (MPa)	435	451.47	451.5
μ	0.093	0.0931	0.0931
As (cm ²)	115.5	115.5	
As corrigé (cm ²)	111.2	111.26	111.26

5.3.2 Exemple n°2 :

Exemple de calcul où l'axe neutre sort de la table de la poutre et nécessite que celle-ci soit calculée comme une poutre en T. Calcul des contraintes au format ELS.

Exemple tirée du cours de Mr ALBOUY disponible sur le net

Section en Té table 120x16cm, 60x30 – d=49cm $M_u=1612.5\text{ kN.m}$ – Fe : 500B. $F_c : 30\text{ MPa}$.

$M_t < M_u$ → calcul en section en T

Valeurs	Cours de Mr ALBOUY	Logiciel « Calculette BA »
ϵ_c (‰)	3.5	3.5
σ_c (MPa)	20	20
ϵ_s (‰)		4.13
σ_s (MPa)	434.7	436.20
μ	0.3	0.2997
As (cm ²)	91.06	90.76

Dans le cours de Mr Albouy, l'acier est en diagramme élasto-plastique parfait (branche horizontale) alors que dans le logiciel, elle peut être inclinée si cela est plus favorable. Ce qui est le cas ici sans être vraiment très significatif.

Vérification ELS :

$M_s= 1150\text{KN.m}$ – As = 96.5 cm² - d identique

Variables	Cours de Mr ALBOUY	Logiciel « Calculette BA »
x (cm)	25.2	25.24
I shr (dm ⁴)	142.28	143.67
σ_c (MPa)	20.4	20.21
σ_s A inf (MPa)	287	285.2

Résultats quasi-identiques



6 Dimensionnement et vérification d'armatures longitudinales sous flexion composée - Section rectangulaire

6.1 Présentation du formulaire

Ce logiciel permet :

- Soit la détermination de section d'acier des armatures longitudinales à l'ELU (et si les valeurs à l'ELS ont été renseignées, le calcul des contraintes sur les sections aciers et la fibre extrême béton – Non implémenté sur la version actuelle)
- (Soit la vérification des contraintes sur la fibre extrême béton et sur les armatures aciers si les valeurs à l'ELS ont été renseignées – Non implémenté sur la version actuelle)

Le formulaire comprend les éléments figurant ci-dessous, tous n'apparaissent pas :

The screenshot shows the software interface for dimensioning and verification of reinforced concrete sections under composite flexion. The interface is divided into several sections:

- Béton :** fck (dropdown), Modèle Rhéologique (Diagramme bilinéaire selected, Diagramme parabole - rectangle unselected).
- Acier armature :** (dropdown), Modèle Rhéologique (Palier horizontal selected, Palier incliné unselected), Amatures symétriques (checked).
- Efforts ELU :** Nu (1296), Mu (1296), Situation durable ou transitoire (selected), Situation accidentelle (unselected).
- Efforts ELS :** Ns (1296), Ms (1296), Vérification ELS (unchecked).
- Contraintes :** σ béton (36,59 MPa), σ acier sup (36,59 MPa), σ acier inf (36,59 MPa).

Other sections include Coffrage (Formwork) with parameters bw, h, C1, C2, and Enrobage C1 et C2 identique (checked); Ouvrage (Structure) with Poteau - l0 (m) (1296); and Résultat section armature (Reinforcement section result) with Asup (36,59 cm²) and Ainf (36,59 cm²).

Figure 6-1 - Formulaire calcul section acier pour élément de forme rectangulaire

Quel que soit le mode de calcul lancé, les items « Béton », « Acier » et « Coffrage » doivent être renseignés.

Si vous faites uniquement un calcul ELU, pensez à mettre 0 dans les champs de texte Ns et Ms ELS sinon une erreur s'affichera et aucun calcul ne sera lancé (non implémenté dans cette version logicielle).

Si vous faites uniquement un calcul ELS, pensez à mettre 0 dans les champs de texte Nu et Mu ELU sinon une erreur s'affichera et aucun calcul ne sera lancé.



Cliquez sur le bouton « Calcul » pour lancer le calcul une fois tous les champs renseignés : ELU si dimensionnement ELU, (*ELS si uniquement vérification ELS ou les 2 si dimensionnement et vérification – non implémenté*)

Calcul		Editer	
Résultat section armature:		Contraintes :	
Asup :	0.00	(cm ²)	
Ainf :	11.44	(cm ²)	

Figure 6-2 - Affichage des résultats du calcul.

Le calcul terminé, le logiciel affiche :

- Les sections d'armature calculées (calcul ELU)
- (*Les contraintes (calcul ELS) – non implémenté*)

Le bouton « Editer » apparaît une fois un premier calcul effectué. Ce bouton permet l'affichage de la note de calcul complète et détaillée. Cette note de calcul peut être sauvegardée.

Dans le cas de figure ci-dessus, seul un calcul ELU était demandé.

Pour un calcul ELS, les contraintes sont affichées. Toutefois, soit un calcul ELU doit être lancé simultanément, soit les sections d'armatures doivent être renseignées (*non implémenté dans cette version logicielle*).

Le coefficient d'équivalence acier passif – béton est fixé à 15 et n'est pas modifiable dans la présente version (*non implémenté dans cette version logicielle*).

6.1.1 Béton

Conformément aux dispositions de l'Eurocode 2, les caractéristiques du béton doivent correspondre à une des classes imposées :

- C12/15
- C20/25
- Etc. ...

Le 1^{er} chiffre étant la résistance caractéristique à la compression sur cylindre à 28 jours, le 2nd chiffre étant la résistance caractéristique à la compression sur cube à 28 jours.

Rhéologie du béton : Il est fait utilisation de la courbe contrainte – déformation bilinéaire du béton suivant disposition EN1992-1-1 §3.1.7(2) ce qui permet de pouvoir utiliser les dispositions du §3.1.7(3) avec la mise en œuvre du diagramme rectangulaire de compression dans la section béton comprimé. – NON IMPLEMENTE.

Ces éléments de modélisation ne sont pas modifiables dans la présente version.

6.1.2 Armatures longitudinales

Choix de l'acier :

Conformément aux dispositions de l'Eurocode 2, les caractéristiques de l'acier composant les armatures longitudinales doivent correspondre à une des trois classes de ductilité imposées :

- A : ductilité faible



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

- B : ductilité moyenne
- C : ductilité forte (utilisé pour les structures en zone sismique)

Rhéologie de l'acier - courbe contrainte – déformation de l'acier :

Le logiciel va adapter le courbe contrainte-déformation de l'acier en fonction du moment sollicitant et de la rhéologie de l'acier d'armature.

Armatures symétriques :

La méthode de calcul utilisée impose des armatures symétriques. Cette case est donc systématiquement cochée. Une version ultérieure, permettra de décocher cette case et de pouvoir réaliser un calcul avec des armatures dyssymétriques.

6.1.3 Coffrage

Les éléments caractérisant le coffrage sont :

- H : hauteur totale de la section
- Bw : largeur totale de la section
- C1 : distance entre la génératrice supérieure et le centre de gravité de la section d'armature supérieure. Doit toujours être indiqué même si le calcul détermine par la suite que la section ne nécessite pas d'armature supérieure.
- C2 : distance entre la génératrice inférieure et le centre de gravité de la section d'armature inférieure.

Si la case « Cdg C1 et C2 identique » est cochée, vous n'avez besoin de renseigner uniquement C1.

Le logiciel ne procède à aucune vérification sur la qualité de l'enrobage sauf si ce dernier est inférieur à 10 mm (valeur minimale imposé par l'EN).

Il n'y a aucune obligation pour une valeur de hauteur supérieure à la valeur de la largeur de la section. Le logiciel peut effectuer le calcul de dimensionnement ou de vérification avec une dimension de hauteur inférieure à la valeur de la largeur. Cela peut s'avérer intéressant pour vérifier la section d'armature pour les poteaux flambant dans le plan de sa plus petite dimension (= dans le sens de son plus petit moment d'inertie).

6.1.4 Ouvrage

Ouvrage: ?
 Poteau -10 (m):

Si la section calculée fait partie d'un poteau, vous devez cocher la présente case afin que le logiciel prenne en compte dans le calcul du moment total sollicitant la section, l'imperfection géométrique (400^{ième} de la longueur de flambement).

6.1.5 Efforts

Effort normal :

Positif : considéré comme une compression. - Négatif : considéré comme une traction.

Moment de flexion :

S'applique dans le sens de la hauteur de la section (je rappelle que la hauteur de la section peut être de dimension plus petite que la largeur de la section).

Positif : la fibre haute est comprimée et la fibre basse est tendue. - Négatif : la fibre haute est tendue et la fibre basse est comprimée.



Les efforts renseignés dans les champs de texte correspondant, sont ceux **appliqués au centre géométrique de la section**, correspondant aux errements habituel de la Rdm ou les efforts sont calculés suivant la fibre moyenne de la poutre.

En dehors du cas du poteau indiqué ci-avant, le moment n'intègre pas d'imperfection géométrique. C'est au projeteur de décider si la valeur renseignée, intègre ou pas le moment additionnel dû à l'imperfection géométrique. Le projeteur pourra donc établir 2 calculs : un 1^{ier} calcul ne comprenant pas l'imperfection géométrique et un 2nd calcul intégrant l'imperfection géométrique en modifiant simplement la valeur du moment dans le champ de texte correspondant.

Affiche le coefficient d'équivalence acier passif – béton. Ce coefficient appelé « n » n'est pas modifiable dans la présente version.

Taux de précision du calcul : (%)

Par défaut, la valeur du taux de précision de calcul est de 0,5%. Vous pouvez augmenter cette valeur afin d'avoir un calcul plus rapide. Le

pas est de 0,5%.

La valeur minimale est de 0,5%.

6.2 Calcul

6.2.1 Méthodologie de calcul

La méthodologie de calcul développée est celle présentée dans le livre « Pratique de l'Eurocode 2 » 1^{ière} édition – J Roux – Eyrolles / Afnor Editeur.

Elle est présentée à l'annexe A4 page 627 du livre indiqué ci-avant. Elle permet le calcul d'une section rectangulaire, sous flexion composée, avec armatures symétriques, par approximations successives.

Je laisse, à l'utilisateur de ce logiciel, le soin de prendre connaissance de cette annexe pour comprendre la méthode employée

6.2.2 Présentation de la Note de calcul

Une fois le calcul terminé, vous pouvez contrôler le calcul en éditant la note de calcul.

Cette dernière se présente sous la forme suivante :



Dimensionnement armatures de flexion section rectangulaire

Note de calcul du samedi 3 décembre 2022 à 18:59:32
 Rédacteur : a_définir
 Chantier : a_définir
 Logiciel : Calculette Béton Armé version 4.0.0.0 2014 - 2022

1 - Rappel des hypothèses

Code de calculs: NF EN 1992-1-1 octobre 2005 et AN mars 2007

Béton:

- fck :25 MPa.
 - γ_c :1,5
 - $\eta.fcd$:16,67 MPa.

Acier:

- Classe B - k = 1,08 - ϵ_{uk} = 5,00 %
 - fyk :500 MPa.
 - γ_s :1,15
 - fyd :434,8 MPa.

Coffrage:

- hauteur section h: 50,0 cm.
 - largeur section bw: 120,0 cm.
 - distance cdg acier sup./arête sup. Csup: 5,0 cm.
 - distance cdg acier inf./arête inf. Cinf: 5,0 cm.

Sollicitations:

- Etat Limite Ultime:
 Rappel: N>0 = compression, N<0 = traction, M>0 fibre inférieure tendue, M<0 fibre inférieure comprimée
 - Effort normal Nu: 126,3 KN
 - Moment de flexion Mu: 422,2 KN.m.
 - Etat Limite de Service:
 - Effort normal Ns: 0,0 KN
 - Moment de flexion Ms: 0,0 KN.m.



2 - Calcul

2 - 1 Détermination des sections d'acier à l'ELU

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

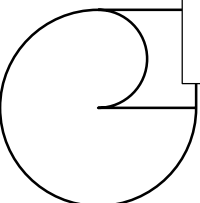
- Diagramme élasto-plastique parfait pour l'acier suivant art. 3.2.7(2) avec prise en compte éventuelle d'une branche supérieure inclinée suivant valeur de la déformation de l'acier (voir tableau calcul ci-dessous).

- Taux d'erreur maximum toléré sur la valeur Ned calculée: 0,50%.

Les résultats du calcul sont regroupés dans le tableau ci-après.

Variables	Unité	Valeur	Observations
d	cm	45,0	hauteur utile
Mrs	kN.m	344,0	moment repris par le béton seul avec $x_u = C_{sup}$
MedA	kN.m	450,0	MedA > Mrs - As2 comprimé
xAN	cm	5,6	Distance axe neutre depuis l'arête supérieure
As1	cm ²	20,67	section armature inférieure
εs1	‰	24,47	Déformation armature inférieure
σs1	MPa	452,89	Contrainte armature inférieure
As2	cm ²	20,67	section armature supérieure
εs2	‰	0,39	Déformation armature supérieure
σs2	MPa	78,44	Contrainte armature supérieure
Ned	kN	126,96	A comparer avec Nu = 126,33 kN. Taux d'Erreur = 0,50%

Vérification de la capacité de rotation en analyse plastique (EN1992-1-1 §5.6.3(2)):
 $\alpha = 0,125 \leq 0,45$ - Formation de la rotule plastique satisfaisante





6.3 Etalonnage du logiciel

L'étalonnage du logiciel a été réalisé en comparaison avec :

- Les calculs trouvés dans la littérature ; en l'occurrence ici, Livre « Pratique de l'Eurocode 2 » 1^{ère} édition 2005
- Le fichier Excel DT0129 mis à disposition par Mr THONIER

6.3.1 Exemple n°1 :

Exemple : problème n°1 – page 640 – Livre « Pratique de l'Eurocode 2 » 1^{ère} édition 2005

Section rectangulaire 120x50^h – d=45cm soit un enrobage de 5cm pour chaque nappe

Béton : $f_{ck}=25$ MPa soit $f_{cu}=16,7$ MPa

Aciers : $f_{yk}=500$ MPa soit $f_{yd}=435$ MPa – Classe B

$N_u=0,12633$ MN = 126,33 kN

$M_{EdA}=0,160$ MN.m ce qui équivaut à $M_u=132,21$ kN.m au cdg de la section de poutre

1^{er} calcul : palier horizontal

The screenshot shows the following input values:

- Béton:** f_{ck} = C25/30
- Coffrage:** b_w = 120 cm, h = 50 cm, $C1$ = 5 cm
- Acier armature:** B500B, Enrobage C1 et C2 identique (checked)
- Modèle Rhéologique:** Palier horizontal (selected), Armatures symétriques (checked)
- Efforts ELU:** N_u = 126.33 kN, M_u = 132.21 kN.m
- Efforts ELS:** N_s = 0 kN, M_s = 0 kN.m
- Other options:** Situation durable ou transitoire (selected), Vérification ELS (unchecked), Coefficient d'équivalence Acier passif - Béton - $n = 15$
- Résultat section armature:** A_{sup} = 5,18 cm², A_{inf} = 5,18 cm²

Nous avons choisi pour ce 1^{er} calcul, le taux d'erreur minimum qu'autorise le logiciel, à savoir 0,5%.

Ce taux d'erreur correspond à la différence entre la valeur de l'effort de compression appliqué sur la section et la valeur de calcul déterminée à partir des armatures mises en place dans la section.

Valeurs	Livre « Pratique de l'Eurocode 2 » page 643	Logiciel « Calcuette BA »
M_{EdA} (kN.m)	160	160
M_{rs} (kN.m)	344,688	344
X_u (cm)	3,325676	3,3
ϵ_{s1} (‰)	43,858793	43,80
σ_{s1} (MPa)	435	434.78
A_{s1} (cm ²)	5,166805	5,18
ϵ_{s2} (‰)	1,762088	1,76
σ_{s2} (MPa)	352,417625	351,03



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

As1 (cm ²)	5,166805	5,18
Ned (kN)	126,329001	126,14

Les résultats sont identiques entre l'exemple du livre et les résultats du logiciel. Les différences proviennent du fait que l'auteur a pris une précision plus importante que 0,5%. Mais l'on s'aperçoit que l'on ne change quasiment pas la section d'acier.

En plus dans le cas du logiciel, la valeur de compression de Ned calculé est légèrement inférieure à celle réellement appliquée, ce qui augmente ipso facto, la quantité d'armature et donc place en légère sécurité.

2^{ème} calcul : palier incliné

Données identiques sauf la case « Palier incliné » cochée

Valeurs	Livre « Pratique de l'Eurocode 2 » page 160	Logiciel « Calculette BA »
M _{EdA} (kN.m)	160	160
M _{rs} (kN.m)	345	344
X _u (cm)	3,289742	3,3
ε _{s1} (‰)	44,3761	44,39
σ _{s1} (MPa)	465,4734	469,07
As1 (cm ²)	4,83596706	4,79
ε _{s2} (‰)	1,811957	1,82
σ _{s2} (MPa)	363,913375	364,29
As1 (cm ²)	4,83596706	4,79
Ned (kN)	126,3264	126,68

Les résultats sont identiques entre l'exemple du livre et les résultats du logiciel.

Cette fois-ci, le logiciel donne une valeur de compression plus forte que Nu ce qui conduit automatiquement à une valeur de section d'armature légèrement inférieure. Toutefois, la différence entre les 2 valeurs de section d'armature ne pose de problème de sécurité, vu la très petite différence.

6.3.2 Exemple n°2 :

Exemple : problème n°2 – page 648 – Livre « Pratique de l'Eurocode 2 » 1^{ère} édition 2005

Section rectangulaire 120x50^h – d=45cm soit un enrobage de 5cm pour chaque nappe

Béton : f_{ck}=25 MPa soit f_{cu}=16,7MPa

Aciers : f_{yk}=500 MPa soit f_{yd}=435 MPa – Classe B

Nu=0,12633MN = 126,33 kN

M_{EdA}=0,450MN.m ce qui équivaut à Mu=422,2074 kN.m au cdg de la section de poutre

1^{er} calcul : palier horizontal



Manuel d'utilisation du logiciel Calcuette Béton Armé

Béton : fck : C25/30

Coffrage : bw : 120 cm, h : 50 cm, C1 : 5 cm

Acier armature : B500B, Enrobage C1 et C2 identique

Modèle Rhéologique : Palier horizontal, Armatures symétriques

Efforts ELU : Nu : 126,33 kN, Mu : 422,2074 kN.m

Efforts ELS : Ns : 0 kN, Ms : 0 kN.m

Situation durable ou transitoire, Taux de précision du calcul : 0,5 (%)

Calcul, Editer

Résultat section armature: Asup : 21,55 (cm²), Ainf : 21,55 (cm²)

Contraintes :

Nous avons choisi pour ce 1^{er} calcul, le taux d'erreur minimum qu'autorise le logiciel, à savoir 0,5%.

Ce taux d'erreur correspond à la différence entre la valeur de l'effort de compression appliqué sur la section et la valeur de calcul déterminée à partir des armatures mises en place dans la section.

Valeurs	Livre « Pratique de l'Eurocode 2 » page 651	Logiciel « Calcuette BA »
M_{EdA} (kN.m)	450	450
M_{rs} (kN.m)	344,688	344,0
X_u (cm)	5,609345	5,6
ϵ_{s1} (‰)	24,57815	24,56
σ_1 (MPa)	435	434,78
A_{s1} (cm ²)	21,5334411	21,55
ϵ_{s2} (‰)	0,38021	0,38
σ_2 (MPa)	76,041201	76,54
A_{s1} (cm ²)	21,5334411	21,55
N_{ed} (kN)	126,32833	126,31

Les résultats sont identiques entre l'exemple du livre et les résultats du logiciel. Les différences proviennent du fait que l'auteur a pris une précision plus importante que 0,5%. Mais l'on s'aperçoit que l'on ne change quasiment pas la section d'acier.

En plus dans le cas du logiciel, la valeur de compression de N_{ed} calculé est légèrement inférieure à celle réellement appliquée, ce qui augmente ipso facto, la quantité d'armature et donc place en légère sécurité.

2^{ème} calcul : palier incliné

Données identiques sauf la case « Palier incliné » cochée

Valeurs	Livre « Pratique de l'Eurocode 2 » page 160	Logiciel « Calcuette BA »
M_{EdA} (kN.m)	450	450
M_{rs} (kN.m)	344,688	344,0
X_u (cm)	5,6241684	5,6
ϵ_{s1} (‰)	24,50414	24,47
σ_1 (MPa)	451,021126	452,89
A_{s1} (cm ²)	20,76779715	20,67
ϵ_{s2} (‰)	0,388429	0,39
σ_2 (MPa)	77,6857744	78,44



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Asl (cm ²)	20,76779715	20,67
Ned (kN)	126,331392	126,96

Les résultats sont identiques entre l'exemple du livre et les résultats du logiciel, à la précision demandée près.

La note de calcul est présentée au [§6.2.2 Présentation de la Note de calcul page 27](#).



7 Dimensionnement de l'enrobage nominal

7.1 Conditions d'utilisation

Ce programme permet le calcul de l'enrobage nominal suivant les conditions d'exposition.

Cet enrobage nominal est calculé des éléments de type plancher, poutre, poteau de bâtiment. Il ne prend pas en compte des sujétions particulières qu'impose la norme tel que :

- Parement irrégulier (béton à granulat apparent par exemple)
- Béton coulé au contact de surface irrégulière (ouvrage de fondation par exemple)

Il a été élaboré suivant les dispositions de l'article 4.4.1 de l'EN1992-1-1 (octobre 2005) complété par l'Annexe Nationale Française de mars 2007.

Les valeurs d'enrobage indiquées sont valables, exclusivement, pour les armatures de béton armé conforme à l'EN10080. Elles ne conviennent pas pour les armatures de précontrainte.

7.2 Présentation

Le formulaire se présente sous la forme suivante :

Figure 7-1 - Formulaire enrobage

Condition de durabilité :

L'utilisateur doit cocher les types d'attaques attendues : XC, XF, etc. ...

Si X0 est coché, aucune autre option ne peut être cochée sinon, ce n'est pas logique !!!



Si vous cochez XC1, vous ne pouvez pas cocher XC2 ou XC3 : logique ! A vous de voir à quel niveau d'agression vous vous placez.

Par contre, vous pouvez cocher une valeur XC et une valeur XF. Le logiciel calculera la valeur d'enrobage la plus défavorable et vous indiquera la classe correspondante.

Condition d'adhérence :

Il faut indiquer le diamètre le plus grand si la barre est unique sinon le diamètre équivalent pour un paquet de barre.

Préciser si le diamètre du plus gros granulat excède ou pas 32mm.

7.3 Calcul

Le logiciel effectue le calcul :

- Des conditions d'enrobage en fonction de la classe d'environnement
- Des conditions d'adhérence

Puis, il affecte à Cmin la plus grande des 2 valeurs calculées précédemment.

Enfin à Cmin, il ajoute Cdev pour obtenir Cnominal

7.4 Résultat

Le bouton « Editer » n'est pas opérationnel dans la version 3.0.

Dans la version 3.0, la tolérance d'exécution Cdev a été fixée à 10 mm suivant la valeur adoptée par l'Annexe Nationale Française.

Si vous utilisez une autre valeur pour Cdev, il vous suffit de retrancher 10mm au résultat calculé et de rajouter votre propre valeur de Cdev. Vous aurez ainsi, votre propre valeur d'enrobage nominal.

L'enrobage calculé est bien l'enrobage nominal et non pas minimal. Pour rappel de l'article 4.4.1.2(P) de la norme EN1992-1-1 :

$$C_{\text{nominal}} = C_{\text{minimal}} + C_{\text{dev}}$$

La norme rappelle en son article 4.4.1.2(P) que l'enrobage nominal doit être précisé sur les plans et le guide EGF indique en commentaire : « Les calculs et les plans sont réalisés en prenant l'enrobage nominal. »



8 Détermination du moment résistant pour section rectangulaire sous flexion simple

8.1 Objet du programme

Ce logiciel calcule le moment résistant d'une section béton armé rectangulaire à l'Etat Limite Ultime (ELU) et à l'Etat Limite de Service (ELS).

Ce logiciel permet donc de comparer :

- Le moment résistant de la section vis-à-vis d'une sollicitation en flexion **simple** à l'ELU.
- Le moment résistant de la section vis-à-vis d'une sollicitation en flexion à l'ELS avec 2 taux de compression pour le béton.

Attention : si votre section est sollicitée par un effort normal, il vous faudra utiliser le diagramme d'interaction.

8.2 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente de la façon suivante (formulaire en état renseigné et calculé) :

Béton :

fck : C25/30 (MPa) ?

fcd : (MPa)

Coffrage : ?

bw : 20 (cm)

h : 50 (cm)

C1 : 0 (cm)

C2 : 5 (cm)

Amatures :

Qualité de l'acier :

fyk : B500B (MPa) ?

fyd : (MPa) Classe A

A sup : 0 (cm²)

A inf : 6 (cm²)

Résultats :

Moment résistant ELU : 112.99 (KN.m)

Moment résistant ELS : 50.21 (KN.m pour 0,6fck)

Moment résistant ELS : 113.17 (KN.m pour 1,0fck)

Diagram labels: C1, h, C2, bw, Asup, Ainf

Buttons: Calcul, Editer

Figure 8-1 - Formulaire calcul moment résistant



Coffrage :

Bw et h : base et hauteur de la section

C1 : distance entre le cdg des armatures hautes et le bord supérieur de la section

C2 : distance entre le cdg des armatures basses et le bord inférieur de la section. Faire attention de ne pas confondre avec le bras de levier d (je sais, cela m'est déjà arrivé et les résultats ne sont vraiment pas les mêmes !)

Béton :

Au choix, possibilité de rentrer fck (la valeur de γ_c est prise égale à 1,5) soit la valeur fcd sachant que le logiciel calcule avec la valeur fcd. Cela peut permettre de faire des comparaisons (voir exemple avec livre de Mr Paillé)

La valeur fck est limitée à 50 MPa car au-delà, la hauteur de la section de béton comprimé est affectée d'un coefficient différent de 0,8. Voir §3.1.7(3) de l'EN1992-1-1.

Armatures :

Au choix, possibilité de rentrer fyk (la valeur de γ_s est prise égale à 1,15) soit la valeur fyd sachant que le logiciel calcule avec la valeur fyd. Idem que pour le béton, pour faciliter la comparaison avec d'autres calculs.

Classe de ductilité : indiquez la classe de l'armature, A, B ou C

Ainf et Asup : section totale des armatures basses et hautes. Mettre 0 si pas d'armatures sinon le logiciel détectera une erreur.

Bouton « Calcul »

Permet le lancement du calcul

Bouton « Editer »

Permet d'éditer la note de calcul Voir ci-après.

8.3 Calcul

Le calcul du moment résistant de la section est établi en flexion simple :

- Sous ELU.
- Sous ELS avec limitation de la contrainte du béton à $0.6xfck$.
- Sous ELS avec contrainte du béton prise égale à fcd

A l'ELS, le moment d'inertie utilisé est l'inertie homogénéisée réduite (sans en prise en compte du béton tendu).

Le coefficient d'équivalence acier/béton est pris égal à 15 et influe sur le calcul du moment résistant ELS.

La contrainte du béton est calculée suivant la relation parabole rectangle du §3.1.8(1) de l'EN1992-1-1.

A l'ELU, la recherche de l'axe neutre est réalisée par double balayage :

- Depuis le pivot A, en balayant $\epsilon_{bc} = 3,5\%$ jusqu'à $\epsilon_{bc} = 0\%$ pour la bordure supérieure.
- Depuis le pivot B, en balayant $\epsilon_s = 22,5\%$ (classe A), $\epsilon_s = 45\%$ (classe B) et $\epsilon_s = 67,5\%$ (classe C) jusqu'à $\epsilon_s = 0\%$ pour l'armature inférieure.

Le moment résultant ELU établi dans ce programme est très proche mais légèrement inférieur à celui trouvé dans le cadre du programme de calcul d'interaction car pour ce dernier, la résultante de compression Fb est prise égale



Manuel d'utilisation du logiciel Calcuette Béton Armé

à l'intégration, cm par cm, de la section comprimé suivant la loi parabolique. Alors que dans le présent logiciel, la résultante F_b est prise égale à la multiplication de la contrainte béton multipliée par la surface comprimé multipliée par le coefficient 0,8 suivant la prescription du §3.1.7(3) de l'EN1992-1-1.

Pour le moment résistant ELS, il est établi suivant les formules analytiques établies par Mr Perchat et Roux dans le livre « Pratique du BAEL91 ». Voir pages 129 et 130 de l'édition de 1999 pour les détails du calcul. Il est tout à fait loisible d'utiliser ces formules pour l'Eurocode car le principe est le même que celui du BAEL pour les bétons de $f_{ck} < 50 \text{ MPa}$.

8.4 Validation

L'exemple est tiré du livre de Mr Paillé « Calcul des structures en béton – Guide d'application » 2^{ème} édition – Eyrolles-AFNOR. Il s'agit de l'exemple n°1 page 177.

Caractéristique de la section :

Section rectangulaire avec nappe armature haute et basse – $b_w = 30 \text{ cm}$; $d = 70 \text{ cm}$, $A_{inf} = 29,5 \text{ cm}^2$; $A_{sup} = 14,7 \text{ cm}^2$; $C_{sup} = 5 \text{ cm}$; $f_{cd} = 15,3 \text{ MPa}$ et $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ classe B

Calcul de la contrainte acier avec le diagramme à branche inclinée

Contrainte du béton calculée suivant la relation parabole rectangle du §3.1.8(1) de l'EN1992-1-1. Mais pas de conséquence dans ce cas car la déformation se trouve sur le palier plastique.

Eléments	Résultats Livre	Résultats logiciel.	Commentaire
Equilibre	Pivot B	Pivot B	
ϵ_s	10,4‰	10,35‰	
σ_s	440 MPa	440,7 MPa	Contrainte sur la nappe inférieure
ϵ_{sc}	2,52‰	2,51‰	
σ_{sc}	435 MPa	435,03 MPa	Contrainte sur la nappe supérieure
Y an	18 cm	17,94 cm	Axe neutre
M _{ru}	0,83 MN.m	0,8296 MN.m	

Soit des résultats identiques.



9 Pré-dimensionnement de poteau

9.1 Objet du programme

Le présent programme permet le pré-dimensionnement de poteau en béton armé en supposant une compression « normalement centrée » et suivant deux méthodes :

- La méthode tirée du BAEL concernant le calcul de poteau en compression centrée.
- La méthode présentée dans les recommandations professionnelles

Le projecteur doit renseigner la géométrie du poteau, les matériaux utilisés et l'effort normal supporté et le programme établit la quantité d'acier nécessaire pour pouvoir supporter cette charge en toute sécurité.

Il indique si la quantité d'acier est calculée sur le % minimum et dans le cas où la section d'acier dépasse le % maximum, la note de calcul émet un avertissement.

9.2 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente de la façon suivante, avec des valeurs déjà pré-remplies :

Figure 9-1 - Formulaire de pré-dimensionnement de poteau

Avant de lancer le calcul via le bouton « Calcul », il est nécessaire de compléter les items « Coffrage », « Béton », « Acier » et « Effort ».

Coffrage :

Trois choix sont offerts : carré, rectangulaire ou circulaire.



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Dans tous les cas, le programme vous demandera une côte minimale. Suivant la géométrie du poteau, cela pourra donc être une largeur du poteau ou son diamètre.

Le poteau circulaire est pris pour plein.

La longueur de flambement renseignée est la plus défavorable, celle dont la hauteur est la plus importante.

Béton :

Résistance caractéristique à la compression sur éprouvette circulaire à renseigner, du béton utilisé pour le poteau.

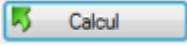
Acier Armatures :

Concerne uniquement les armatures longitudinales du poteau. Limite d'élasticité conventionnelle et de sa ductilité.

Effort normal ELU :

L'effort maximal de compression auquel est soumis le poteau doit être indiqué en MN (=1000 KN, = 100T)

Une fois tous ces éléments renseignés, vous pouvez cliquer sur le bouton pour lancer le calcul.

Le résultat du calcul apparaîtra dans le champ de texte « Résultats », en  partie basse du formulaire.

9.3 Exemple

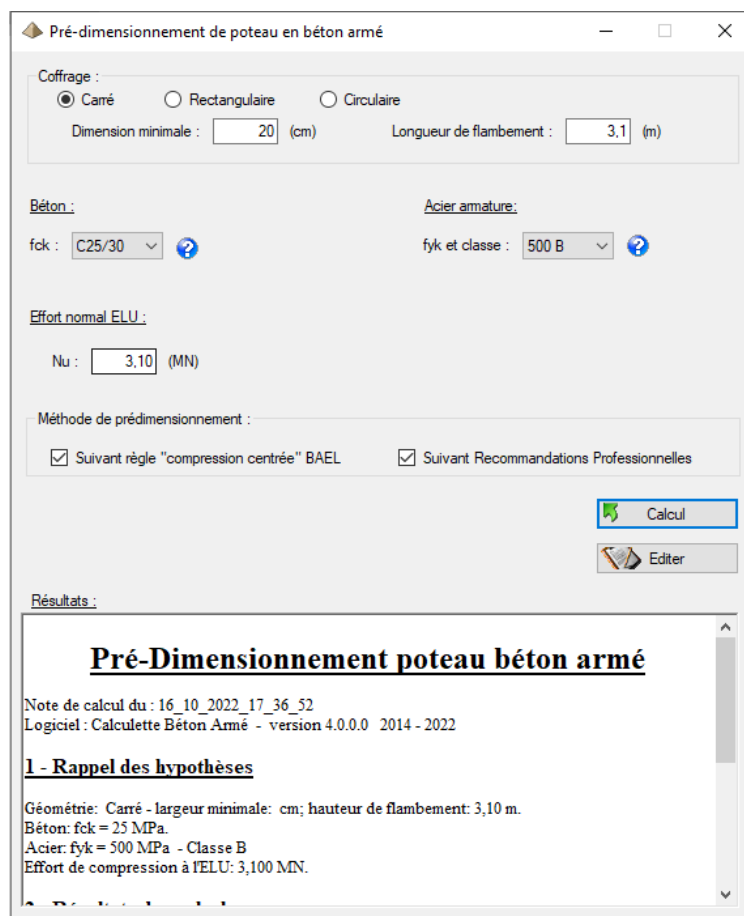


Figure 9-2 - Exemple

L'exemple illustrant cette notice figure ci-dessus et concerne un poteau rectangulaire dont un côté aura une largeur minimale de 20 cm (pour s'aligner avec un mur banché par exemple), une hauteur de flambement de 3,10m, constitué d'un béton de 25MPa et d'armatures longitudinale de 500MPa et classe B, soumis à un effort de compression de 120 Tonnes.

La géométrie du poteau a été renseignée avec une côte minimale, son type de géométrie (carré, rectangulaire ou circulaire) et sa longueur de flambement.

Les caractéristiques du béton et de l'acier ont été renseignées.

L'effort normal auquel doit résister le poteau a été indiqué, il s'agit toujours d'un effort à l'ELU.

Dans l'exemple ci-dessus, le projeteur a voulu comparer le pré-dimensionnement suivant la méthode BAEL et celle des recommandations professionnelles.



Une fois tous ces renseignements indiqués, il faut cliquer sur le bouton « Calcul » pour lancer le calcul et faire afficher les résultats.

La note de calcul s'affiche dans le champ de texte « Résultats ». La Figure 9-2 - Exemple ne donnant qu'une vue partielle des résultats, ces derniers sont retranscrits en totalité ci-dessous :

Pré-Dimensionnement poteau béton armé

Note de calcul du : 16_10_2022_17_32_57

Logiciel : Calculette Béton Armé - version 4.0.0.0 2014 - 2022

1 - Rappel des hypothèses

Géométrie: Rectangulaire - largeur minimale: cm; hauteur de flambement: 3,10 m.

Béton: $f_{ck} = 25$ MPa.

Acier: $f_{yk} = 500$ MPa - Classe B

Effort de compression à l'ELU: 1,200 MN.

2 - Résultats des calculs

Suivant BAEL:

Cotés: 20 x 30 cm - élançement: 53,69 - Acier: 31,58 cm² - % maxi acier - section poteau à revoir

Cotés: 20 x 30 cm - élançement: 53,69 - Acier: 31,58 cm² - % maxi acier - section poteau à revoir

Cotés: 20 x 35 cm - élançement: 53,69 - Acier: 27,75 cm²

Cotés: 20 x 40 cm - élançement: 53,69 - Acier: 23,91 cm²

Cotés: 20 x 45 cm - élançement: 53,69 - Acier: 20,08 cm²

Cotés: 20 x 50 cm - élançement: 53,69 - Acier: 16,25 cm²

Cotés: 25 x 35 cm - élançement: 42,95 - Acier: 9,92 cm²

Cotés: 25 x 40 cm - élançement: 42,95 - Acier: 5,20 cm² - % mini acier

Cotés: 25 x 45 cm - élançement: 42,95 - Acier: 5,60 cm² - % mini acier

Cotés: 25 x 50 cm - élançement: 42,95 - Acier: 6,00 cm² - % mini acier

Cotés: 30 x 40 cm - élançement: 35,80 - Acier: 5,60 cm² - % mini acier

Cotés: 30 x 45 cm - élançement: 35,80 - Acier: 6,00 cm² - % mini acier

Cotés: 30 x 50 cm - élançement: 35,80 - Acier: 6,40 cm² - % mini acier

Cotés: 30 x 55 cm - élançement: 35,80 - Acier: 6,80 cm² - % mini acier

Suivant Recommandation Professionnelle:

Cotés: 20 x 30 cm - élançement: 53,69 - Acier: 43,52 cm² - % maxi acier - section poteau à revoir

Cotés: 20 x 30 cm - élançement: 53,69 - Acier: 43,52 cm² - % maxi acier - section poteau à revoir

Cotés: 20 x 35 cm - élançement: 53,69 - Acier: 39,59 cm² - % maxi acier - section poteau à revoir

Cotés: 20 x 40 cm - élançement: 53,69 - Acier: 35,68 cm² - % maxi acier - section poteau à revoir

Cotés: 20 x 45 cm - élançement: 53,69 - Acier: 31,79 cm²

Cotés: 20 x 50 cm - élançement: 53,69 - Acier: 27,91 cm²

Cotés: 25 x 35 cm - élançement: 42,95 - Acier: 20,84 cm²

Cotés: 25 x 40 cm - élançement: 42,95 - Acier: 16,01 cm²

Cotés: 25 x 45 cm - élançement: 42,95 - Acier: 11,20 cm²

Cotés: 25 x 50 cm - élançement: 42,95 - Acier: 6,39 cm²

Cotés: 30 x 40 cm - élançement: 35,80 - Acier: 2,76 cm² - % mini acier

Cotés: 30 x 45 cm - élançement: 35,80 - Acier: 2,76 cm² - % mini acier

Cotés: 30 x 50 cm - élançement: 35,80 - Acier: 3,00 cm² - % mini acier

Cotés: 30 x 55 cm - élançement: 35,80 - Acier: 3,30 cm² - % mini acier

On s'aperçoit que la formule des « Recommandations Professionnelles » est bien plus sécuritaire que celle du BAEL ! ce qui rejoint le commentaire de Mr Thonier de ne jamais l'utiliser !



10 Vérification de dimensionnement de poteau

10.1 Objet du programme

Le programme permet la vérification du dimensionnement de poteau en béton armé suivant les prescriptions de l'Eurocode 2.

Le projeteur doit renseigner la géométrie du poteau, les matériaux utilisés, les armatures et les efforts supportés et le programme établie la note de calcul permettant la vérification à l'Eurocode du poteau.

10.2 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente sous forme de quatre onglets :

- Onglet coffrage – béton – acier :
- Onglet élancement poteau
- Onglet efforts
- Onglet environnement

Le formulaire présente toujours en 1^{er} l'onglet coffrage – béton – acier.

Sur la droite du formulaire figurent 5 boutons :

- Le bouton « Effacer » pour effacer toutes les données précédemment entrées. Ce bouton permet de supprimer toutes les données renseignées sur les 4 onglets.
- Le bouton « Fichier » pour appeler un fichier de données, utile lorsque l'on a plusieurs poteaux à vérifier, lorsque l'on veut faire une vérification sur un même poteau mais avec des hypothèses différentes (par exemple, en modifiant la longueur de flambement) ...
- Le bouton « Sauvegarde » pour sauvegarder sous forme de fichier, les données entrées dans les différents onglets.
- Le bouton « Aide » pour afficher la notice du logiciel
- Le bouton « Calcul » pour lancer le calcul.
- Le bouton « Editer » pour faire afficher la note de calcul. Le bouton « Editer » n'apparaît pas au démarrage. Une 1^{ère} note de calcul doit avoir été réalisée auparavant. Le bouton « Editer » permet l'affichage de la note de calcul soit dans l'éditeur interne au logiciel soit sous l'éditeur Word© ; à vous de le préciser dans la configuration générale du logiciel.

10.2.1 Onglet Coffrage – Béton – Acier

Il s'agit de l'onglet en affichage de base lors du lancement du logiciel.

Cet onglet permet l'entrée des données concernant la géométrie du poteau, les caractéristiques du béton et de l'acier, les armatures, la prise en compte des imperfections géométriques et la modélisation du poteau.

Cet onglet se présente sous la forme ci-dessous :



Vérification de poteau suivant l'eurocode 2

Coffrage - Béton - Acier | Eclatement poteau | Efforts | Environnement | Résultats

Coffrage :
 Carré Rectangulaire Circulaire
bw : 30.0 cm

Imperfections géométriques :
 Application des dispositions de l'Annexe Nationale

Modélisation du poteau :
 Poteau isolé au sens de l'Eurocode et de l'Annexe Nationale
 Poteau Non isolé ou Non isolable

Acier amature :
B500B Section Acier
Nombre de lits total : 2

Lit	d (cm)	Nbre barres	Ø HA
1	5.0	2	HA 25
2	25.0	2	HA 25

Béton :
fck : C30/37

Effacer | Fichier | Sauvegarde | Calcul | Editer

Figure 10-1 - Formulaire d'entrée de données avec son 1^{er} onglet.

Coffrage :

Dans le cas d'un poteau carré ou circulaire, une seule côte est renseignée.

Dans le cas d'un poteau rectangulaire, deux côtes sont renseignées : la largeur et la hauteur. La hauteur doit supérieure à la largeur.

Les poteaux sont obligatoirement pleins ; pas de poteau creux.

Béton :

La contrainte caractéristique à la compression doit être renseignée. Le modèle rhéologique du béton est imposé.

Acier :

La contrainte caractéristique à la traction et la classe doivent être renseignées. Le modèle rhéologique est imposé.

Les lits d'armatures sont renseignés suivant le type de coffrage :

- Section carrée ou rectangulaire :
 - Le n° de lit indique le sens de parcours. Le sens de parcours est toujours du haut de la section vers le bas de la section.
 - La valeur d correspond à la distance entre le centre de gravité du lit d'armature et le parement supérieur. A titre d'exemple, cette distance pour l'acier en partie haute sera au minimum égale à l'enrobage plus la moitié du diamètre de la barre.
 - Le nombre de barres composant le lit d'armature. Pour un poteau symétrique, le nombre de barres sera identique pour l'ensemble des lits (voir image ci-avant).



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

- Le diamètre des aciers composant le lit d'armature. Le panachage de plusieurs types d'armature dans le même lit est interdit. Pour un poteau, le diamètre des barres sera identique pour l'ensemble des lits (voir image ci-avant).
- Section circulaire :
 - Le sens de parcours est différent de la section rectangulaire. Il va du parement vers le centre du poteau. Ainsi, les aciers portant le plus petit numéro seront les aciers les plus proches du parement et les aciers portant les plus grands numéros seront les plus proches du centre du poteau.
 - La valeur d correspond à la distance entre le centre de gravité de la couronne d'armature et le parement. A titre d'exemple, cette distance pour l'acier n°1 sera au minimum égale à l'enrobage plus la moitié du diamètre de la barre.
 - Le nombre de barres composant le lit d'armature. Le nombre doit être pair et au minimum égal à 4 pour obtenir une inertie du poteau égale dans tous les sens. Dans cette version logicielle, le nombre de barres longitudinales est limité à 12, la couronne d'armature ne peut pas comporter plus de 12 armatures.
 - Le diamètre des aciers composant la couronne d'armature. Le panachage de plusieurs types d'armature dans la même couronne est interdit.

Imperfection géométrique :

A cocher si vous voulez prendre en compte les prescriptions de l'annexe Nationale qui impose un minimum d'imperfection géométrique. Si vous souhaitez faire le calcul uniquement sur la base de l'Eurocode, vous devez le décocher.

Voir exemple 1 dans le chapitre validation du logiciel ou cette case a été décochée pour permettre la comparaison avec le résultat figurant dans la littérature.

Modélisation du poteau :

Cette donnée a été mise en place vis-à-vis de l'utilisation des méthodes de calcul.

Ainsi, la méthode de la courbure nominale ne devrait pas être utilisée pour un poteau faisant partie d'une ossature assurant le contreventement.

Donc, le logiciel doit afficher un avertissement en cas d'utilisation de cette méthode pour ce cas de figure.

Toutefois, cette programmation n'a pas été mise en place dans la version 1.0. Vous pouvez donc utiliser n'importe quelle méthode, le logiciel n'effectue pas de vérification sur sa pertinence.

10.2.2 Onglet Elancement poteau

Cet onglet se présente sous la forme suivante :



Coffrage - Béton - Acier Elancement poteau Efforts Environnement Résultats

Elancement poteau :

Hauteur libre poteau :

K direct K calculé suivant x K calculé suivant y

Coefficient de flambement K renseigné directement :

Dans le sens de la faible inertie - K_{fx} :

Dans le sens de la forte inertie - K_{fy} :

Figure 10-2 - Onglet Elancement

Cet onglet comporte 3 sous onglets :

- K direct : permet de renseigner directement les coefficients pour le calcul de la longueur de flambement. Permet de pouvoir établir des comparaisons. Ainsi, dans le cas ci-dessus, le coefficient est renseigné directement pour permettre de calculer le poteau avec la même longueur de flambement que le poteau figurant dans l'exemple numérique du livre « Application de l'Eurocode 2 ».
- K calculé suivant x : demande les inerties et longueurs des barres aboutissant aux nœuds pour déterminer le coefficient de flambement.
- K calculé suivant y : idem que K calculé suivant x mais dans son plan perpendiculaire.

Le calcul de l'élanement du poteau nécessite :

- La connaissance de la hauteur du poteau : L
- La détermination du coefficient de flambement : K

Le produit $K.L$ détermine la valeur L_0 défini comme la longueur efficace (appelé aussi longueur de flambement).

La valeur de K peut être déterminée :

- Directement, en rapport avec les coefficients indiqués dans la littérature technique ou au §5.8.3.2(2) de l'EC2
- Soit par calcul des coefficients k_1 et k_2 fonction des conditions de raccordement du poteau à ces extrémités haute et basse.
 - $\mu=4$ pour une poutre articulée ou une poutre isostatique – Voir exemple numérique figurant dans le livre « Application de l'Eurocode 2 » de Calgaro-Cortade, 2005 Presse ENPC.
 - $\mu=3$ pour une poutre encastree
 - indication si le bâtiment est contreventé par portiques ou voiles (nœuds déplaçables ou pas).

Ces données doivent être renseignées directement dans le logiciel.

Elles sont présentées de la façon suivante :



K direct K calculé suivant x K calculé suivant y

Poteau supérieur :
 I2h : (m4) L2h : (m)

Poutre gauche supérieure :
 I2g : (m4) L2g : (m) μ_{2g} :

Poutre droite supérieure :
 I2d : (m4) L2d : (m) μ_{2d} :

Poteau inférieur :
 I1b : (m4) L1b : (m)

Poutre gauche inférieure :
 I1g : (m4) L1g : (m) μ_{1g} :

Poutre droite inférieure :
 I1d : (m4) L1d : (m) μ_{1d} :

Element contreventé Element non contreventé

Figure 10-3 - Onglet coefficient de flambement suivant Kx

Le poteau se situe entre les nœuds k1 et k2.

Si le poteau fait partie d'une ossature à nœuds fixes, il sera considéré comme contreventé et le logiciel appliquera l'équation (5.15).

Si le poteau fait partie d'une ossature à nœuds déplaçables, il sera considéré comme non contreventé et le logiciel appliquera l'équation (5.16). Voir le commentaire de l'Annexe Nationale Française pour l'application de cette clause.

L et I correspondent à la longueur de l'élément et à son inertie de flexion. La longueur sera la hauteur libre pour les poteaux, l'inertie peut être l'inertie fissurée suivant les considérations de l'article 5.8.3.2(5).

μ est le coefficient qui tient compte du type de liaison à l'autre extrémité de l'élément (voir explication ci-avant).

Important :

Dans la version actuelle, l'onglet « K calculé suivant y » n'est pas opérationnel.

10.2.3 Onglet Efforts

Les efforts peuvent être renseignés sous deux formes :

- Sous forme globale :
- Sous forme détaillée :
 - Cumul de toutes les charges permanentes pour l'effort normal et le moment : (G)
 - Cumul de toutes les charges d'exploitation pour l'effort normal et le moment : (Q)
 - La combinaison ELU est prise égale à $1,35.(G) + 1,5.(Q)$
 - La combinaison ELS Quasi-Permanente est prise égale à $1,35.(G) + 1,5.\psi_3(Q)$

Pour la forme globale, l'onglet se présente de la façon suivante :



Figure 10-4 - Onglet Effort forme globale

Les efforts sont renseignés sous forme globale dans le plan x et dans le plan y. Toutefois, la flexion déviée n'a pas été intégrée dans la version 1.0 du logiciel, les champs de texte dans le plan Y ne sont pas actifs.

La distribution du moment doit être renseignée car elle affecte le coefficient C du membre $(lf/C)^2 \cdot 1/r$ dans la loi moment-courbure externe et pour le coefficient β pour la méthode de rigidité nominale.

Pour la forme détaillée, l'onglet se présente de la façon suivante :

Figure 10-5 - Onglet Effort forme détaillée

Attention : cet onglet n'a pas été validé. Il est possible qu'il comporte des dysfonctionnements.

Important :

Dans la version actuelle, les éléments suivant Y ne sont pas opérationnels et n'apparaissent pas.



10.2.4 Onglet environnement

10.2.4.1 Généralités

Cet onglet permet de renseigner :

- Le fluage par 2 méthode au choix du projeteur :
 - Une valeur imposée du coefficient de fluage
 - Une valeur établie par calcul à partir d'un certain nombre d'éléments renseignés.
- La méthode de calcul pour l'établissement de la vérification

Cet onglet se présente de la façon suivante :

Coffrage - Béton - Acier | Elancement poteau | Efforts | Environnement | Résultats

Détermination du coefficient de fluage final :

Valeur imposée - $\varphi =$ Valeur calculée

Eléments pour calcul du coefficient de fluage :

Classe du ciment :

Taux d'humidité RH : (%)

Chargement age initial t_0 : (jours)

Chargement age final t^∞ :

Prise en compte du fluage dans le calcul des déformations par la méthode générale (art. 5.8.6(4))

Méthode de vérification :

Suivant méthode générale (EN1992 -1-1: §5.8.6) - Taux de convergence : (%)

Suivant méthode de rigidité (EN1992 -1-1: §5.8.7)

Suivant méthode courbure (EN1992 -1-1: §5.8.8)

Figure 10-6 + Onglet Environnement

Cet onglet clôt l'entrée des données.

10.2.4.2 Fluage

Le logiciel laisse le choix entre 2 méthodes :

- Entrée directe du coefficient de fluage : nécessaire dans le cas où vous souhaiteriez faire une comparaison.
- Coefficient établi par le logiciel suivant les prescriptions de l'annexe B de l'Eurocode (voir chapitre 9 de la présente notice pour plus de détail).



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Toujours par souci de comparaison, le logiciel autorise de ne pas prendre en compte le fluage dans le calcul des déformations par la méthode générale. Cette case ne doit jamais être décochée sauf si nécessité de comparaison sinon votre calcul ne sera plus conforme aux prescriptions de l'Eurocode.

10.2.4.3 Méthode de vérification

Pour rappel, l'Eurocode 2 propose 4 méthodes de vérification :

1. Faibles élancements : pour un élancement compris entre 10 et 30 et pour une contrainte moyenne de compression du béton pas trop forte, on peut se dispenser du calcul au flambement.
2. Méthode générale : elle reprend les mêmes hypothèses que la méthode déjà utilisée en France (dite méthode de Faessel).
3. Méthode de la rigidité nominale : elle conduit à un moment de calcul majoré et nécessite ensuite un calcul en flexion composée.
4. Méthode de la courbure nominale : elle conduit à une excentricité du second ordre forfaitaire et nécessite ensuite un calcul en flexion composée.

Le logiciel propose les 3 dernières méthodes de vérification :

- La méthode générale en conformité avec l'article 5.8.6
- La méthode basée sur la rigidité nominale en conformité avec l'article 5.8.7
- La méthode basée sur la courbure nominale en conformité avec l'article 5.8.8.

Le logiciel autorise aussi bien le choix d'une seule méthode que le choix des 3 méthodes. Toutefois, le rendu des résultats pourra être différent car les calculs établis suivant la méthode générale seront toujours prioritaires sur les autres méthodes (voir chapitre ci-après).

10.2.5 Onglet Résultat

Ce dernier sert à l'affichage de la note de calcul.

En complément de cet affichage, il existe aussi le bouton « Affichage $e=f(1/r)$ » qui permet de faire afficher à plus grande échelle la courbe des excentricités en fonction de la courbure et pouvoir vérifier si nous sommes dans le cadre d'un équilibre stable ou dans un équilibre instable.

Cette courbe ne s'affiche uniquement dans le cas de la mise en œuvre de la méthode générale.

Cette courbe figure dans la note de calcul si la méthode générale a été sélectionnée.

10.3 Calcul

Comme le prévoit l'Eurocode 2, le logiciel autorise 3 modes de vérification :

1. Vérification suivant la méthode générale
2. Vérification suivant la méthode de la rigidité nominale
3. Vérification suivant la méthode de la courbure nominale

Le projeteur est laissé libre de choisir la méthode qu'il désire pour vérifier son dimensionnement de poteau.

Attention :

Si le poteau est soumis à une flexion bi-axiale, les méthodes 2 et 3 ne pourront pas être utilisées.

Les vérifications sont établies dans l'ordre suivant :

- Si la méthode générale est choisie, le moment de vérification de la section sera celui établi par cette méthode, quel que soit les autres méthodes choisies.



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

- Si la méthode générale n'a pas été choisie, le moment de vérification de la section sera le plus petit trouvé, les 2 méthodes (rigidité et courbure) étant considérée comme équivalente par l'Eurocode.

Pour la vérification par la méthode générale, les courbes déformations-contraintes sont celles imposées par l'article 5.8.6., avec le décalage suite à l'action du fluage.

Pour le codage de la méthode générale, je me suis beaucoup appuyé sur le *chapitre 2 – Instabilité de forme – Flambement* du livre « Maitrise de l'Eurocode 2 » de Jean Roux. La méthode est très bien expliquée et je renvoie le lecteur à cet ouvrage pour plus d'explication sur cette méthode.

Dans cette version logicielle, le fluage est toujours considéré comme linéaire, quel que soit le niveau de contrainte de la section.

La vérification de la section en flexion composée est faite par les courbes d'interaction. Dans ce cadre, les modélisations pour le béton et l'acier sont les suivantes :

- Pour le béton, suivant la courbe parabole – rectangle, cette courbe est plus favorable quand la section de béton est entièrement comprimée, ce qui est souvent le cas pour des poteaux.
- Pour l'acier, suivant la courbe avec palier incliné.

Dans la version logicielle 4.0, ces choix de modélisation des matériaux ne peuvent pas être modifiés.

Le logiciel utilise le module « Interaction Béton Armé », vous pouvez entrer directement les données pour établir vos comparaisons.

10.4 Note de calcul

Elle peut être affichée via le bouton « Editer ».

10.5 Validation logiciel

Le logiciel a été validé à partir d'exemple tiré de la littérature.

Exemple n°1 :

Cet exemple est tiré du livre « Application de l'Eurocode 2 – Calcul des bâtiments en béton » 1^{ière} édition – Presse ENPC

Caractéristiques du poteau étudié :

Poteau carré de dimension 30x30 cm, hauteur libre : 4,50m, coefficient de flambement : 0,73, armé de 4 HA25, un dans chaque angle

Matériaux : béton : $f_{ck}=30\text{MPa}$, Acier : 500 MPa classe B :

Efforts : ELU : $N_u=1,70\text{ MN}$, M_{u1} (tête de poteau) = 0,02MN.m, M_{u2} (pied de poteau) = 0,02MN.m

 ELS quasi-permanent : $N_{qp}=1,00\text{ MN}$, M_{qp1} (tête de poteau) = 0,01MN.m, M_{qp2} (pied de poteau) = 0,01MN.m

Autres données : Coefficient de fluage : 2

 Imperfection géométrique : correspondant au calcul et non majoré (option Annexe Nationale décochée)

Le fichier d'entrée de données porte le nom « Poteau_BA_Calgaro_Ex2.txt » et figure dans le répertoire data.



Manuel d'utilisation du logiciel Calcuette Béton Armé

La note de calcul complète figure en annexe pour éviter d'alourdir inutilement le manuel.

Eléments de comparaison :

Eléments	Résultats tirés de l'ouvrage « Application de l'Eurocode 2 »	Résultats tirés de la note de calcul établie par le présent logiciel.	Commentaire
Elancement limite			
Coef. A	0,83	0,824	
Coef. B	1,40	1,396	
Coef. C	0,70	0,700	
λ lim	16,8	16,564	Quasiment identique aux arrondis prés. Mais comme les arrondis sont parfois fantaisistes dans ce bouquin, on peut considérer que l'on se trouve dans la tolérance.
Méthode générale			
M0ed	0,034	0,0334	La différence provient des arrondis qui vont s'accumuler dans la suite du calcul ...
1/r	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$5,38 \cdot 10^{-3}$	Comme la droite de courbure externe n'est pas détaillée, difficile de conclure ...
Moed total	0,047	0,0432	En valeur absolue, la différence est peu importante (moins de 0,4T.m soit quasiment rien en béton armé) mais plus importante en valeur relative (=8%) mais comme les arrondis sont pour le moins fantaisistes (voir critique du livre)
Méthode rigidité nominale			
Kc	0,13	0,125	
EI	7,06	6,26	La différence provient de la valeur de E : 32000 Mpa pour le bouquin et 33000 pour le logiciel.
Nb	6,31	5,722	Idem que ci-dessus
M0ed	0,034	0,0334	Moment du 1 ^{er} ordre
M0ed total	0,049	0,051	Différence provenant des arrondis et du module E.
Méthode de courbure nominale			
Kr	0,49	0,49	
K ϕ	1,24	1,26	
1/r0	$19.3 \cdot 10^{-3}$	$19.32 \cdot 10^{-3}$	
1/r	$11.9 \cdot 10^{-3}$	$12.05 \cdot 10^{-3}$	
e2 (cm)	1.32	1.3	
M2	0.020	0.022	
M0ed total	0.057	0.055	Différence provenant des arrondis

Résultats quasiment identiques aux arrondis prés.

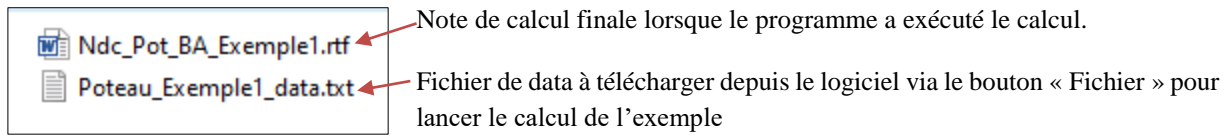
Amusant de constater qu'au chapitre 6.10 du livre, l'auteur affiche M0ed total de 0,052 MN.m pour la méthode de rigidité nominale (très proche de 0,051MN.m trouvé par le logiciel) alors que 2 pages avant, il établit cette valeur à 0,049MN.m ; comme quoi, les arrondis ont dû passer par là et ce qui relativise les différences numériques entre les 2 résultats.

Vous trouverez la note de calcul et le fichier de data sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page correspondante à ce logiciel, dans le fichier compressé traitant des exemples.

Pour cet exemple, vous le trouverez, plus particulièrement, à la racine Vérification poteau > Exemple 1 du fichier compressé, et il se présente sous la forme suivante :



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé



Exemple n°2 :

Cet exemple est tiré du cours de Mr Thonier. Il est identique à l'exemple n°1 du formulaire exemples n°2 du logiciel Poteau BA™ se trouvant sur le même site Internet.



11 Coefficient de fluage

11.1 Objet

Ce programme permet le calcul du coefficient de fluage φ qui est utilisé dans les calculs :

- Instabilité de poteau
- Détermination du coefficient d'équivalence n nécessaire au :
 - Calcul des contraintes à l'ELS
 - Détermination de l'ouverture de fissures.
 - Calcul des flèches

11.2 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente sous la forme suivante :

calcul du coefficient de fluage suivant EC2 Annexe B

Béton :

Classe de résistance : C25/30

Classe du ciment : Classe N

Environnement :

Taux d'humidité RH : 50 (%)

Chargement age initial t0 : 28 (jours)

Chargement age final t= : 50 ans

Géométrie de l'élément :

Élément rectangulaire en contact avec l'atmosphère :

Largeur bw : 30 (cm) Hauteur H : 50 (cm)

Calcul Editer

Résultats :

$\varphi_0 = 1.430$ $\varphi^\infty = 1.396$

Figure 11-1 - Formulaire Fluage

Pour la réalisation du calcul, un certain nombre de renseignements doivent être fournis.

Béton :

- La résistance caractéristique à 28 jours
- La classe du ciment



Environnement :

- Le taux d'humidité
- L'âge de la pièce béton à son chargement initial
- L'âge final auquel on veut connaître son coefficient de fluage, soit généralement l'âge pour lequel est projetée la construction. Le logiciel propose 4 valeurs :
 - 10 ans
 - 25 ans
 - 50 ans
 - 100 ans

La géométrie de l'élément :

- Sa largeur et sa hauteur pour déterminer la surface de parement extérieur.

11.3 Validation logiciel

Le logiciel a été validé à partir de l'exemple présenté dans le cours de Mr THONIER.

Données : élément 40x60cm, $f_{ck}=25\text{MPa}$, âge du chargement : 28jours, âge du béton lors du calcul : 36 jours, taux d'humidité : 60% et classe ciment : 42,5N soit ciment de classe Normale

Résultats du logiciel avec en rouge les valeurs de Mr THONIER.

Variabes	Unité	Valeur	Observations
$\beta(f_{cm})$		2.925	Eq B4 (2,925)
h_0	mm	240.0	Eq B6 - rayon moyen de la pièce (240)
ϕ_{RH}		1.64	Eq B3 (1,644)
t_0	jour	28.00	Eq B9 temps corrigé en fonction du ciment (28)
$\beta(t_0)$		0.488	Eq B5 (0,488)
β_H		611.0	Eq B8a-b (611)
$\beta_c(t, t_0)$		0.27	Eq B7 (0,271)
ϕ_0		2.348	Eq B2 (2,348)
$\phi(t, t_0)$		0.637	Eq B1 coef fluage à l'age de chargement t (0,637)

Le logiciel retrouve les mêmes valeurs que celles de l'exemple.



12 Diagrammes d'interaction 2D et 3D

12.1 Objet du programme

Le présent programme trace la courbe d'interaction des efforts résistants N-M d'une section béton armé carré, rectangulaire ou circulaire.

Pour rappel, la courbe d'interaction est le tracé des efforts résistants développés par la section pour toutes les possibilités de déformations autorisées par le règlement Eurocode.

Le tracé est réalisé pour un seul moment de flexion, c'est-à-dire en flexion composée plane, le moment agissant dans le sens de la hauteur de la section.

En flexion composée déviée, la courbe ne peut plus être inscrite dans un plan et doit être tracée dans l'espace soit en 3D. Le logiciel affiche cette possibilité.

12.2 Présentation du formulaire

12.2.1 Présentation générale

Le formulaire se présente sous la forme suivante, lors de son lancement :

Découpé en 2 grandes parties :

Sur la partie gauche du formulaire, un ensemble d'onglet où les données devront être renseignés pour effectuer les calculs désirés. Ces données sont rassemblées dans 4 onglets :

- Coffrage : dimensions géométriques de la section d'élément béton armée constituant poutre, poteau,
- Béton : caractéristiques du béton utilisé
- Armatures : caractéristiques des armatures mises en œuvre dans la section
- Eléments de calcul : tous les éléments devant servir au calcul d'interaction tels que pas de calcul,

Sur la partie droite du formulaire, avec :

- En partie supérieure :
 - La fenêtre d'affichage de la courbe d'interaction 2D ou 3D
- En partie inférieure :
 - Le bouton pour lancer le calcul
 - Le bouton pour imprimer la note de calcul et le diagramme d'interaction
 - Le bouton pour faire appel au calculateur de section acier
 - Le bouton d'Aide Générale : affiche la notice générale du logiciel sous forme de fichier pdf.

Comme le montre la figure ci-dessus, une partie est déjà pré-remplie.

12.2.2 Onglet Coffrage :

Coffrage :

Carré Rectangulaire Circulaire ?

Largeur : (cm)

Hauteur : (cm)

Figure 12-1 - Coffrage



Vous devez indiquer les caractéristiques géométriques de la section :

- Carré : un seul côté est renseigné. Dans la figure ci-dessus, si la coche « Carré » est cochée, la dimension de la hauteur n'apparaît pas.
- Rectangulaire : la hauteur doit être supérieure ou égale à la largeur. Le diagramme d'interaction 2D est calculé en faisant varier les déformations dans le sens de la hauteur sinon vous avez rentré une poutre « plate ». Ce qui n'est pas de bonne construction. Toutefois, le logiciel est capable de calculer et tracer un diagramme d'interaction d'une section « plate ».
- Circulaire : la largeur correspond au diamètre de la section.

La section est toujours considérée comme pleine : pas de section creuse.

Les dimensions sont renseignées en cm, et avec une précision au cm. Le logiciel n'accepte pas les mm. Ainsi, vous ne pourrez pas renseigner un carré de 29,5cm. Ce sera soit 29 cm soit 30 cm.

Si vous cochez la section circulaire, il n'y aura pas de calcul 3D (Voir §12.3.1 Méthodologie pour plus d'information)

12.2.3 Onglet Béton :

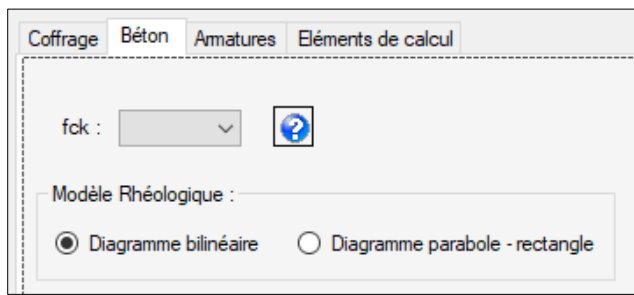


Figure 12-2 - Béton

La contrainte caractéristique à la compression et le modèle rhéologique du béton doivent être renseignés.

Le béton est réputé être conforme à l'EN206-1. Point à contrôler lorsque vous vérifiez une section béton ancienne.

12.2.4 Onglet Armatures :

L'onglet se présente sous la forme suivante :



N° lit	d (cm)	Nbre barres	Ø HA

Figure 12-3 - Armatures

La limite d'élasticité à la traction, la classe de ductilité et le modèle rhéologique de l'acier doivent être renseignés.

Les aciers sont réputés conforme à l'EN10080. Vérifiez ce point lorsque vous réalisez un contrôle sur une section béton coulée avant les années 2000 et notamment les classes de ductilité. Pour rappel, les TS étaient de type A avant 2014.

L'enrobage latéral des armatures est important si vous souhaitez obtenir le diagramme d'interaction 3D de la section. Sinon, en 2D, laissez la valeur pré-renseignée, cela n'a aucune importance.

Cette valeur est importante en 3D, car elle permet au logiciel de positionner l'armature quand il fait « tourner » la section. En effet, il répartit automatiquement le nombre d'armatures par lit suivant cette règle :

- 2 armatures : 1 armature à chaque angle
- 3 armatures : 1 armature à chaque angle et 1 armature au milieu
- 4 armatures et plus : 1 armature à chaque angle et

les autres armatures sont réparties de manière régulière entre les 2 armatures d'extrémités. L'espacement entre 2 armatures est donc constant.

Cette règle de répartition est inscrite en dur dans le logiciel et ne peut être modifiée par le projecteur.

Les lits d'armatures sont renseignés suivant le type de coffrage :

- Section carrée ou rectangulaire :
 - Le n° de lit indique le sens de parcours. Le sens de parcours est toujours du haut de la section vers le bas de la section.
 - La valeur d correspond à la distance entre le centre de gravité du lit d'armature et le parement supérieur. A titre d'exemple, cette distance pour l'acier en partie haute sera au minimum égale à l'enrobage plus la moitié du diamètre de la barre.
 - Le nombre de barres composant le lit d'armature. Pour un poteau symétrique, le nombre de barres sera identique pour l'ensemble des lits (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
 - Le diamètre des aciers composant le lit d'armature. Le panachage de plusieurs types d'armature dans le même lit est interdit. Pour un poteau symétrique, le diamètre des barres sera identique pour l'ensemble des lits (voir image **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).
- Section circulaire :
 - Le sens de parcours est différent de la section rectangulaire. Il va du parement vers le centre du poteau. Ainsi, les aciers portant le plus petit numéro seront les aciers les plus proches du parement et les aciers portant les plus grands numéros seront les plus proches du centre du poteau.
 - La valeur d correspond à la distance entre le centre de gravité de la couronne d'armature et le parement. A titre d'exemple, cette distance pour l'acier n°1 sera au minimum égale à l'enrobage plus la section de l'armature transversale plus la moitié du diamètre de la barre. Exemple avec la Figure 12-5 - Section circulaire à 12 armatures longitudinales soit enrobage 2cm (valeur habituelle pour une classe de durabilité XC1) avec une armature transversale sous forme de



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

cerces en HA8 et des armatures longitudinales de type HA20 soit une distance $d = 2 + 0.8 + 1 = 3.8$ arrondi à 4cm donc la valeur d dans le tableau sera prise égale à 4cm.

- Le nombre de barres composant le lit d'armature. Le nombre doit être pair et au minimum égal à 4 pour obtenir une inertie du poteau égale dans tous les sens. Dans cette version logicielle, le nombre de barres longitudinales est limité à 12, la couronne d'armature ne peut pas comporter plus de 12 armatures. Exemple : Figure 12-5 - Section circulaire à 12 armatures longitudinales
- Le diamètre des aciers composant la couronne d'armature. Le panachage de plusieurs types d'armature dans la même couronne est interdit.

Important :

La liste des armatures doit respecter l'ordre du lit le plus proche de la génératrice supérieure de la section vers celui le plus éloigné.

Dans cette version logicielle, il n'est effectué aucune vérification.

12.2.5 **Onglet Eléments de calcul**

Cet onglet permet :

- De définir le pas de calcul pour la variation de déformation de compression sur la fibre béton.
- De définir le pas de calcul pour la variation de la déformation de traction sur l'armature.
- De définir le pas de calcul géométrique sur lequel sera calculé la contrainte de compression moyenne de la section béton

Ces éléments sont importants car ils vont permettre d'affiner la précision du calcul des valeurs de moments et d'effort normal affichées par le diagramme d'interaction.

L'exemple n°1 permet d'illustrer cette recherche de précision.

The screenshot shows the 'Eléments de calcul' dialog box with the following settings:

- Pas de calcul - Déformations :**
 - $\Delta\epsilon_b$: 0,25 (%)
 - $\Delta\epsilon_s$: 1 (%)
- Pas de calcul - Géométrique :**
 - Δh : 10 (mm)
- Courbes d'interaction :**
 - Courbe d'interaction 2D
 - Courbes d'interaction 3D
 - Spécifiques aux courbes d'interaction 3D:**
 - Courbes générales d'interaction
 - Courbe d'interaction pour $M_x = 0$
 - Courbe d'interaction pour $M_y = 0$
 - Courbe d'interaction pour $N =$ [] (KN)

Pas de calcul $\Delta\epsilon_b$:

Dans la figure ci-contre, le pas $\Delta\epsilon_b$ est pris égal à 0,25‰. Cela signifie que la déformation va croître ou décroître de 0,25‰ sur la fibre extrême de la section béton à chaque itération de calcul de l'effort normal et du moment sur la section.

Cela implique aussi que la déformation maximale du béton étant prise égale à 3,5‰, un pas de calcul de 0,25‰ va engendrer 15 itérations pour passer de 3,5‰ à 0‰, en comptant celle à 3,5‰.

Pas de calcul $\Delta\epsilon_s$:

Dans la figure ci-contre, le pas $\Delta\epsilon_s$ est pris égal à 1‰. Cela signifie que la déformation va croître ou décroître de 1‰ sur la fibre extrême de l'armature acier, à chaque itération de calcul de l'effort normal et du moment sur la section.

Si vous trouvez que la courbe n'est pas suffisamment « lissée », vous pouvez augmenter la précision, en diminuant le pas $\Delta\epsilon_s$, en prenant, par exemple, une valeur égale à 0,1‰.

Figure 12-4 - Eléments de calcul

Pas de calcul Δh :

Dans la figure ci-contre, le pas Δh est pris égal à 10mm. Cela signifie que le calcul de la contrainte moyenne de la section renseignée sera réalisé tous les 10mm. Cela équivaut donc :



Manuel d'utilisation du logiciel Calcuette Béton Armé

- Pour le béton : à un calcul de la contrainte de compression du béton réalisé par tranches de 10mm de hauteur. Ces tranches sont par la suite additionnées pour donner l'effort global de compression que supporte le matériau suivant la courbe rhéologique choisie. Le logiciel ne calcule pas d'effort de traction dans le béton.
- Pour l'acier : si la tranche intercepte une armature, le taux de déformation est automatiquement déterminé en prenant une valeur moyenne sur la hauteur de la tranche. Puis l'effort de traction ou de compression dans l'armature est déterminé suivant courbe rhéologique choisie. Enfin, les efforts sont additionnés pour déterminer l'effort global de traction et l'effort global de compression auxquels répondent les armatures.

Pour avoir une bonne précision sur le calcul des efforts résistants internes de la section (N_i , M_i), il faut prendre une valeur de pas de calcul géométrique, à minima, égale à 1% de la hauteur de la section. Ainsi, pour une section de 30cm de hauteur, il faudrait prendre des hauteurs de tranche ne dépassant pas 3mm. 2mm serait encore mieux, mais, si vous prenez 4mm, vous allez perdre en précision de calcul, sans pour autant gagner en temps de calcul.

Augmenter le pas permet de réduire le nombre d'itération et donc la durée de calcul. Par contre, cela réduit aussi la précision de calcul.

Pour le calcul de la courbe d'interaction 2D, il suffit de valider la coche « Courbe d'interaction 2D » et de lancer le calcul.

Pour le calcul de la courbe d'interaction 3D, le logiciel va vous demander de préciser certains éléments :

- Courbes générales d'interaction : c'est la vue générale 3D
- Courbe d'interaction pour $M_x=0$: Cela est équivalent à la courbe d'interaction 2D de la même section qui aurait subi une rotation de 90° .
- Courbe d'interaction pour $M_y=0$. Cela est équivalent à la courbe d'interaction 2D de la même section.
- Courbe d'interaction pour une valeur d'effort normal. Cette option est intéressante pour la vérification des poteaux. En effet, ces derniers sont soumis à une compression et simultanément à une flexion dans un plan (flexion composée) voire dans deux plans (flexion composée déviée). Le 1^{ier} cas pourra se traiter en interaction 2D. Par contre, le 2^{ième} cas ne peut se traiter qu'en interaction 3D avec indication de l'effort normal que subit la section de poteau.

12.2.6 Bouton Calcul :

Vous devez cliquer sur le bouton « Calcul » pour lancer le calcul et permettre le tracé de la courbe dans l'afficheur sur la droite du formulaire.

12.2.7 Bouton Imprimer :

Pour le moment non opérationnel

12.2.8 Bouton Calculateur section acier :

Ce bouton permet de faire appel à un petit programme indépendant calculant la somme de section d'armature que vous renseignez. Très commode, par exemple, pour savoir ce que représente 2HA12 + 2HA14.

12.2.9 Bouton Aide

Il permet l'affichage de la notice générale du logiciel sous forme de fichier pdf.

12.3 Calcul

12.3.1 Méthodologie

Le calcul est réalisé en partant des 3 pivots A, B et C et en réalisant un balayage de la section droite à partir de ces 3 pivots, suivant la figure 6.1 de l'EN1992-1-1.



Manuel d'utilisation du logiciel Calcuette Béton Armé

Pour le pivot A, il est pris la valeur ϵ_{ud} même si le projeteur choisit la rhéologie de l'acier à branche horizontale. Cela n'a quasiment pas de conséquence pratique.

Pour les pivots B et C, leurs valeurs dépendent de la rhéologie du béton adoptée.

Le calcul du moment est réalisé dans le sens de la hauteur de la section.

En calcul 3D, la section est basculée progressivement de son axe vertical vers son axe horizontal à raison de $4,5^\circ$ par plan (180° a été divisé en 40 secteurs angulaires). Et le calcul N-M est effectué dans chacun de ses plans et le moment résistant résultant est projeté sur les OX et OY d'origine. Le pas angulaire de $4,5^\circ$ ne peut être modifié par le projeteur.

Pour une section circulaire, il n'y a pas de calcul 3D car elle est symétrique dans tous les secteurs angulaires. Sa courbe 2D est identique dans tous les plans, d'où l'importance d'une répartition homogène des armatures en périphérie de la section.

Le logiciel ne calcule pas d'effort de traction dans le béton.

12.3.2 Résultats

Une fois tous les champs de texte renseignés, vous pouvez lancer le calcul en cliquant sur le bouton Calcul.

Une fois le calcul terminé, il s'affiche sur la droite du formulaire, le diagramme d'interaction de la section (voir [Figure 12-6 - Courbe d'interaction](#) à titre d'exemple).

La résistance en compression de la section est positive et représenté sur la droite du dessin. Ainsi, sur l'image ci-dessous qui représente le diagramme d'interaction d'un poteau 30x30 armé d'un HA25 dans chaque angle, on vérifie bien que la résistance à la compression est plus importante que la résistance à la traction.

Le moment positif correspond à la fibre supérieure comprimée et à la fibre inférieure en traction. Pour une section symétrique en section et en armature comme ci-dessous, le diagramme est parfaitement symétrique, ce qui est normal. Cela aurait été différent pour une poutre traditionnelle où la section d'acier en partie basse est toujours plus importante.

Pour une section circulaire, le nombre d'armature par couronne est limité à 12 car il a été modélisé une armature tous les 30° soit 12 armatures pour couvrir 360° . Donc, pour une section circulaire, les jeux de nombre d'armatures par couronne sont les suivant :

- 4 armatures soit une répartition tous les 90° .
- 6 armatures soit une répartition tous les 60°
- 8 armatures soit une répartition tous les 45°
- 12 armatures soit une répartition tous les 30° . Exemple :

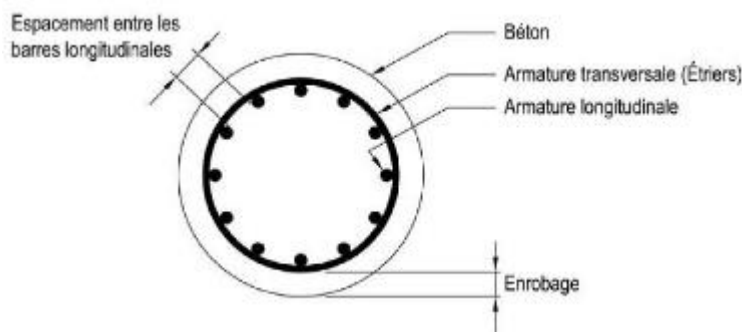


Figure 12-5 - Section circulaire à 12 armatures longitudinales

Si vous souhaitez imprimer ce diagramme, il vous suffit de cliquer sur le bouton « Imprimer » (non opérationnel dans la version actuelle du logiciel).



12.4 Validation du programme

Ce programme a été comparé avec la feuille de calcul Excel « 101 Interac Rec bh V2.XLS » établie par Mr Thonier.

Caractéristiques de la section : carré 30x30cm béton C30/37 acier B500 2 lits d'armatures : 2HA25 à 5cm du parement supérieur, 2HA25 à 25 cm du parement supérieur (soit 5 cm du parement inférieur) soit 1HA25 à chaque angle de la section.

Calcul en palier horizontal pour l'acier et suivant loi parabole-rectangle pour le béton.

L'entrée des données et le résultat du calcul sont présentées sur l'image ci-dessous pour le logiciel « Calcuette béton armé™ ».

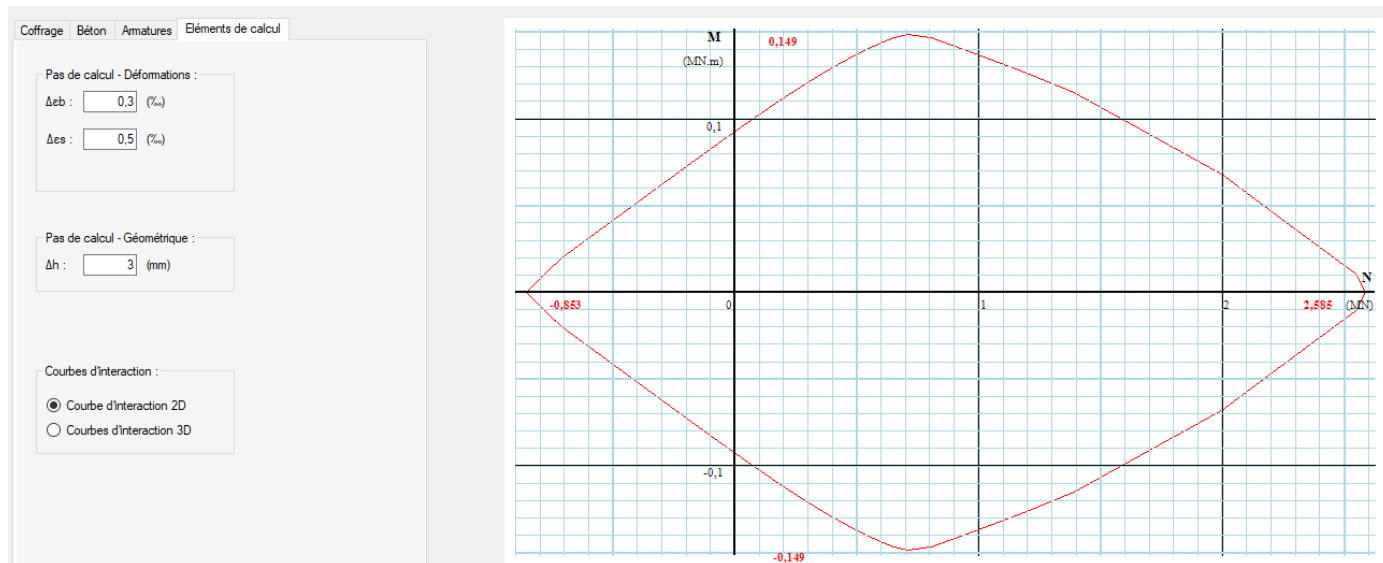


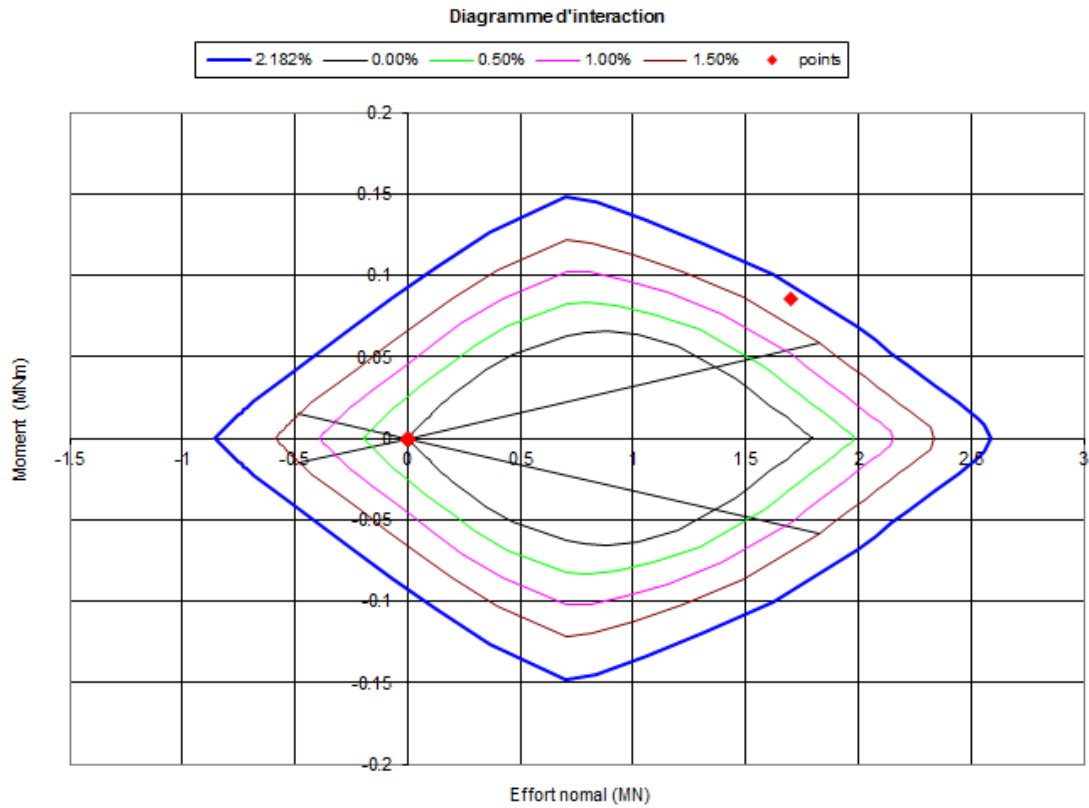
Figure 12-6 - Courbe d'interaction

Dans la version 4.0 du logiciel, il est maintenant possible d'ajuster les paramètres de pas concernant les déformations sur le pivot B et sur le pivot A ainsi que sur le pas d'intégration sur la hauteur de la section de la poutre.

En jouant sur ces 3 paramètres, nous retrouvons les valeurs données la feuille Excel de Mr Thonier.

Résultats calcul Logiciel Thonier : il s'agit de la courbe bleue.

Sollicitations résistantes	maxi	mini	
Effort normal	2.5854	-0.854	MN
Moment	0.1485	-0.149	MNm



Résultats du logiciel « Calculette béton armé™ » :

- Effort normal résistant : mini = -0,854 MN et Maxi = 2,585 MN
- Moment de flexion résistant : min = -0.149 MN.m et Maxi = 0.149 MN.m

Les résultats sont quasi-identiques aux arrondis près, sachant que la section étant symétrique et la répartition des aciers étant aussi symétrique, les valeurs des moments résistants mini et maxi doivent être identiques, ce qui est heureusement le cas

Pour le fun, la même section en courbe 3D :



13 Effort maximum de traction par barre

13.1 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente sous la forme suivante, une fois renseigné et les calculs réalisés :

Effort maximal de traction d'une ba... — □ ×

Acier armature

Diamètre barre HA : 8 mm

Classe acier : B500B ?

Situation de projet :

Durable - $\gamma_s = 1.15$

Accidentelle - $\gamma_s = 1$

Autre - $\gamma_s =$

Résultats :

Effort maximal pouvant être repris par la barre Fed = 21,85 kN

Calcul

Figure 13-1 - Formulaire Effort Maximal

13.2 Calcul

Une fois tous les champs de texte renseignés, vous pouvez lancer le calcul en cliquant sur le bouton Calcul.

Dans le cas où vous souhaitez donner une valeur particulière à la limite d'élasticité, vous pouvez jouer sur la valeur de γ_s . Ainsi pour la valeur f_{ywd} d'un acier d'effort tranchant, il vous suffit de prendre une valeur de 1,25 pour le coefficient γ_s .

Une fois le calcul terminé, l'effort maximal de traction pouvant être repris par la barre s'affiche en partie basse du formulaire (voir figure ci-dessus).

Dans l'exemple ci-dessus, une barre HA8 de limite d'élasticité 500 MPa, en situation durable, peut résister à une traction de 21,58 kN soit 2158 daN soit 2,1 tonne.



14 Ancrage droit

14.1 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente sous la forme suivante, une fois renseigné et les calculs réalisés :

Figure 14-1 - Formulaire Ancrage droit

14.2 Calcul

Une fois tous les champs de texte renseignés, vous pouvez lancer le calcul en cliquant sur le bouton Calcul.

Une fois le calcul terminé, la longueur d'ancrage de calcul s'affiche en partie basse du formulaire (voir figure ci-dessus).

Si vous souhaitez connaître les détails du calcul, il suffit de cliquer sur le bouton « Editer » pour faire afficher la note de calcul (voir ci-après).

14.3 Validation du programme

Ce programme a été évalué avec l'exemple de calcul figurant au chapitre 2.3,3.6 du fascicule ADETS n°1 (librement téléchargeable sur le site de l'ADETS).

Les valeurs d'hypothèses sont celles représentées sur la figure 12-1 ci-dessus.



Le fascicule ADETS trouve une valeur de 179 mm (Méthode forfaitaire) et le logiciel indique une valeur de 178mm, la différence provenant des différences d'arrondis.

Dimensionnement ancrage droit

Note de calcul du : 01_10_2016_10_42_44
Logiciel : Calculette Béton Armé version 1.0 2014

1 - Rappel des hypothèses

Code de calculs: NF EN 1992-1-1 octobre 2005 et AN mars 2007

Béton:

- f_{ck} : 25 MPa.
- γ_c : 1.5
- f_{ctk05} : 1.8 MPa (borné à 3,1 MPa).

Acier:

- armature sous forme de treillis soudé: 2 barres de diamètre $\varphi = 9.0$ mm.
- f_{yk} : 500 MPa.
- f_{yd} : 435 MPa.

Coffrage:

- enrobage latéral C1: 25 mm.
- enrobage vertical C : 25 mm.
- espacement a : 300 mm.
- condition d'adhérence : bonne.

Mode

- ancrage droit avec barre soudée perpendiculaire - Respect des conditions constructives de la figure 8.1-e)
- calcul par la méthode forfaitaire

Sollicitations:

- Situation de projet durable ou transitoire
- Effort sollicitant de traction : 55.3 KN.



2

-

Calcul

Variables	Unité	Valeur	Observations
Contrainte ultime d'adhérence: f_{bd} (EN1992-1-1 §8.4.2)			
f_{ctd}	MPa	1.20	Résistance de calcul en traction du béton - EC2 §8.4.2(2)
η_1		1.0	coef. lié aux conditions d'adhérence - EC2 §8.4.2(2)
η_2		1.0	coef. lié au diamètre de la barre - EC2 §8.4.2(2)
f_{bd}	MPa	2.70	contrainte ultime d'adhérence - Eq(8.2)
Longueur d'ancrage de référence: L_{brqd} (EN1992-1-1 §8.4.3)			
σ_{sd}	MPa	435.00	contrainte résultant de la répartition de l'effort F_{ed} sur les barres à ancrer.
L_{brqd}	mm	362.5	Longueur d'ancrage de référence - Eq(8.3)
Longueur d'ancrage de calcul: L_{bd} (EN1992-1-1 §8.4.4)			
α_1		1.00	coef. fonction de la forme de la barre = 1 pour ancrage droit
α_2		0.73	coef. fonction de l'enrobage
α_3		1.00	confinement par armatures non soudées
α_4		0.70	confinement par armatures soudées
σ_{cm}	MPa	1.00	Pression transversale à l'ELU le long de L_{bd}
α_5		0.96	confinement par compression transversale
L_{bmin}	mm	108.7	Longueur d'ancrage minimale - Eq(8.6) ou (8.7)
L_{bd}	mm	178.0	Longueur d'ancrage de calcul - Eq(8.4)



15 Ancrage courbe

15.1 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente sous la forme suivante, une fois renseigné et les calculs réalisés :

Calcul d'Ancrage Droit sur appui suivant EN1992-1-1 §8.3, §8.4

Béton : Classe de résistance : C25/30

Armature : Barres HA TS ADETS Diamètre : 8 mm Nombre de barres :

Enrobage latéral C1 : (mm)

Espacement a : (mm)

Compression transversale : 0 (MPa)

Conditions d'adhérence : Bonnes Mauvaises

Efforts : Effort de traction Effort de compression

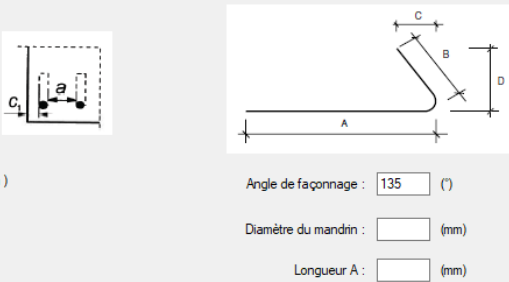
Situation de projet : Durable Accidentelle Effort de traction à reprendre : (KN)

Mode d'ancrage pour treillis soudé : Modèle de type 1 Modèle de type 2 - $d > 3\phi$ Modèle de type 3 - $d < 3\phi$

$\phi_{\min} \geq 5\phi$

Calcul Edit

Résultats :



(A venir.)



16 Recouvrement

16.1 Présentation du formulaire

Attention : ce programme n'a pas été validé pour les TS

Le formulaire comprend tous les champs de renseignement suivant :

Calcul du recouvrement des armatures suivant EN1992-1-1

Béton : Classe de résistance : ?

Armature : Barres HA TS ADETS Diamètre :

fyk et classe : ?

Conditions d'environnement de l'armature

Enrobage latéral C1 : (mm)

Enrobage vertical C : (mm)

Espacement a : (mm)

Conditions d'adhérence des armatures : Bonnes Mauvaises

Proportion de recouvrement $\rho 1$: (%)

Efforts : Effort de traction Effort de compression Compression transversale : (MPa)

Situation de projet : Durable Accidentelle

Intensité de l'Effort : Validé à la limite élastique de l'acier Suivant la valeur de l'intensité indiquée ci-dessous :

Fed = Effort Maximum à reprendre : KN, répartie sur l'ensemble des barres formant armatures.

Nombre de barres reprenant l'effort Fed :

Résultats :

LO =

Figure 16-1 - Affichage du formulaire complet avec tous ces champs de texte

Tous ces champs ne sont pas simultanément affichés.

Ainsi, si l'effort sollicitant met l'armature en compression (armature de poteau par exemple), la valeur de l'effort de compression transversale ne sera pas demandée. Et donc, le champ de texte correspondant ne s'affichera pas.

De même pour l'intensité de l'effort. Les champs correspondant à « Fed ... » et « Nombres de barres ... » n'apparaissent que si l'assertion « Suivant la valeur de l'intensité indiquée ci-dessous » a été cochée.

Béton :

Vous devez indiquer la classe de résistance du béton utilisé : C25/30, C30/37, ... suivant les couples de résistance indiquées par la norme.



Armature :

Vous devez indiquer :

- Si le calcul du recouvrement s'effectue sur une barre HA ou un treillis soudé
- Le diamètre de la barre
- La limite élastique et sa classe de ductilité. Exemple : 500B pour limite élastique 500MPa et classe de ductilité classe B. Le logiciel ne propose que des limites et classes visées par la norme.

Conditions d'environnement de l'armature :

Vous devez renseigner les différentes conditions d'enrobage de l'armature, sachant que vous renseignez les conditions les plus défavorables, pour les valeurs C, C1 et a.

Vous devez indiquer si les armatures sont placées dans un environnement classé « condition d'adhérence bonne » par la norme ou pas.

Proportion de recouvrement en prendre en compte :

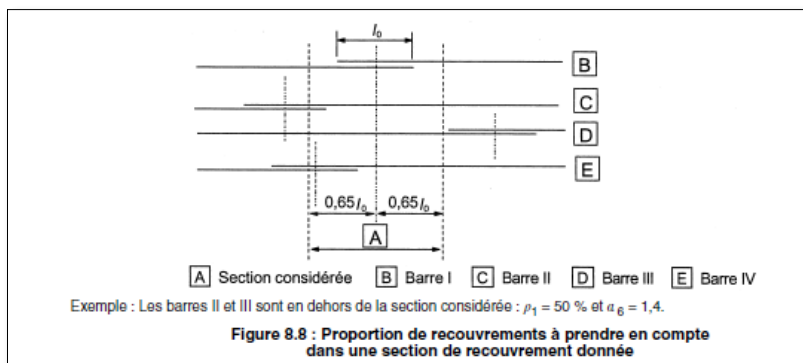


Figure 16-2 - Figure 8.8 extraite de l'EN1992-1-1

La valeur de ρ_1 permet de définir la proportion de recouvrement suivant les termes de la figure 8.8 de l'EN1992-1-1 (voir ci-contre).

Cette valeur permet le calcul du coefficient α_6 .

Pour le calcul, il vous faudra indiquer la valeur la plus défavorable, celle pour laquelle la proportion de recouvrement est la plus élevée.

Effort :

Vous devez indiquer si l'effort appliqué à l'armature est un effort de compression ou de traction.

Dans le cas d'un effort de traction, vous devrez indiquer si l'environnement des armatures venant en recouvrement est soumis à une compression transversale ou pas. Une compression transversale permet de diminuer la longueur de recouvrement.

Vous devez indiquer si l'effort est appliqué dans un cadre Etat Limite Ultime (ELU) ou dans un Etat Limite Accidentel (ELA) tel que séisme ou feu.

Intensité de la contrainte appliquée à l'armature :

Vous devez préciser l'intensité de la contrainte appliquée à l'armature suivant le choix suivant :

- Soit les armatures sont calculées au maximum de leur capacité soit à la limite élastique pondérée par le coefficient γ_s matériaux. Ce choix est sécuritaire car il permet de pouvoir mobiliser la capacité limite des matériaux.
- Soit les armatures reprennent un effort appliqué, indiqué directement par le projeteur dans les champs de texte en dessous. Ce choix permet d'ajuster la longueur de recouvrement à la valeur de l'effort à reprendre. L'exemple figurant au §16.3 ci-après et tiré de la littérature, illustre ce contexte.



16.2 Calcul

Une fois tous les champs de texte renseignés, vous pouvez lancer le calcul en cliquant sur le bouton :

- Soit « Calcul » (voir exemple ci-dessous pour le formulaire renseigné et affichant le résultat du calcul).
- Soit « Editer » qui lance le calcul et édite la note de calcul. Voir le § exemple de calcul qui présente la note de calcul réalisée par le logiciel.

Si vous souhaitez connaître les détails du calcul, il suffit de cliquer sur le bouton « Editer » pour faire afficher la note de calcul (voir ci-après). Si vous voulez connaître juste la longueur de recouvrement, le bouton « Editer » est donc inutile.

Une fois le calcul terminé, la longueur de recouvrement s'affiche en partie basse du formulaire (voir figure ci-dessous – Valeur L_0 en bas du formulaire dans le paragraphe « Résultats »).

16.3 Exemple :

Exemple tiré du guide EGF – UMGO, rédigé par Mr Thonier en 2011, figurant en annexe 11, guide librement téléchargeable sur Internet.

Béton : $f_c=25\text{MPa}$ - Acier : 8 HA12 500 MPa classe B

Effort repris par les 8 HA12 : 87 KN correspondant à l'effort de compression repris par les armatures soit $2,00\text{cm}^2/9,05\text{cm}^2$. L'auteur calcule la longueur de recouvrement sur l'effort réel repris par les armatures en attente en pied de poteau et détermine que $2,00\text{cm}^2$ à la limite d'élasticité de l'acier sont suffisant. Et ces 2 cm^2 correspondent à un effort de 87KN réparti sur 8 barres HA12 (je vous laisse faire le calcul !).

Calcul du recouvrement des armatures suivant EN1992-1-1

Béton : Classe de résistance : C25/30

Armature : Barres HA TS ADETS Diamètre : 12 mm

fyk et classe : 500 B

Conditions d'environnement de l'armature

Enrobage latéral C_1 : 40 (mm)

Enrobage vertical C : 40 (mm)

Espacement a : 100 (mm)

Conditions d'adhérence des armatures :

Bonnes Mauvaises

Proportion de recouvrement p_1 : 60 (%)

Efforts :

Effort de traction Effort de compression

Situation de projet :

Durable Accidentelle

Intensité de l'Effort :

Validé à la limite élastique de l'acier Suivant la valeur de l'intensité indiquée ci-dessous :

Fed = Effort Maximum à reprendre : 87 KN, répartie sur l'ensemble des barres formant armatures.

Nombre de barres reprenant l'effort Fed : 8

Résultats :

Longueur de recouvrement de calcul $L_0 = 200\text{ mm}$.

Figure 16-3 - Formulaire renseigné

La figure ci-contre montre le formulaire renseigné ainsi que le calcul effectué. En effet, en partie basse du formulaire, le résultat du calcul est affiché. Ce qui signifie que le projeteur a cliqué sur le bouton « Calcul ».

Pour éditer la note de calcul ci-dessous, il faut cliquer sur le bouton « Editer ».

La note de calcul se présente sous la forme suivante :

Dimensionnement recouvrement

Note de Calcul de Béton Armé du logiciel Calcuette Béton Armé version 4.0.0.0 : 06_11_2022_10_37_51 2014 - 2022

1 Rappel des hypothèses

Code de calculs: NF EN 1992-1-1 octobre 2005 et AN mars 2007
 Béton: fck :25 MPa
 γc (borné) à 3,1
 Acier: fctk05 :1,8 MPa
 armature sous forme de barres HA isolée: 8 barres de diamètre Ø =12,0 mm.
 fyk :500,0 MPa
 fyd :434,8 MPa
 Coffrage: enrobage latéral C C1 40 mm.
 enrobage vertical 40 mm.
 espacement condition d'adhérence a : 100 mm.
 Mode: ancrage droit d'ancrage: standard
 calcul par la détermination des coefficients α1 à α5 suivant tableau 8.2
 Sollicitations: Situation de projet durable ou transitoire
 Effort global en compression : Fed = 87,0 KN soit ramené à une barre, une contrainte osd = 96,16 MPa.

2 Dispositions constructives

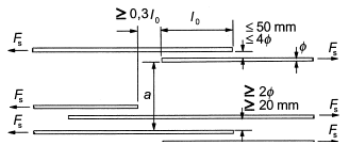


Figure 8.7 : Recouvrements voisins

Distance minimale entre 2 barres en recouvrement dans un même lit: $\geq 24,0$ mm.
 Distance maximale entre la barre recouverte et la barre venant en recouvrement: $\leq 48,0$ mm.

3 Calcul

Variabes	Unité	Valeur	Observations
Contrainte ultime d'adhérence: fbd (EN1992-1-1 §8.4.2)			
fctd	MPa	1,20	Résistance de calcul en traction du béton - EC2 §8.4.2(2)
η1		1,0	coef. lié aux conditions d'adhérence - EC2 §8.4.2(2)
η2		1,0	coef. lié au diamètre de la barre - EC2 §8.4.2(2)
fbd	MPa	2,70	contrainte ultime d'adhérence - Eq(8.2)
Longueur d'ancrage de référence: Lbrqd (EN1992-1-1 §8.4.3)			
osd	MPa	96,16	contrainte résultant de la répartition de l'effort Fed sur les barres à ancrer.
Lbrqd	mm	106,8	Longueur d'ancrage de référence - Eq(8.3)
Longueur de recouvrement de calcul: L0 (EN1992-1-1 §8.7.3)			
α1		1,00	coef. fonction de la forme de la barre = 1 pour ancrage droit
α2		1,00	coef. fonction de l'enrobage
α3		1,00	confinement par armatures non soudées
α4		1,00	confinement par armatures soudées
σm	MPa	0,00	Pression transversale à l'ELU le long de Lbd
α5		1,00	confinement par compression transversale
ρ1	%	60	% de barres en recouvrement sur longueur 2x0,65xL0
α6		1,50	fonction de la proportion en recouvrement
L0min	mm	200,0	Longueur de recouvrement minimale - Eq(8.11)
L0	mm	200,0	Longueur de recouvrement de calcul - Eq(8.10)en compression :



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Nous retrouvons bien le résultat de Mr Thonier, à savoir la longueur minimale, 200mm. En effet la longueur de calcul de recouvrement est de 159mm pour Mr Thonier et de 160mm pour le logiciel (1,5x106,8). Les résultats sont identiques aux arrondis près.



17 Calcul des flèches nuisibles

17.1 Présentation du formulaire

Le formulaire se présente sous la forme suivante, une fois renseigné et les calculs réalisés :

◆ Calcul des flèches nuisibles suivant les Recommandations Professionnelles de mars 2007

Géométrie de l'élément porteur : Largeur b : <input type="text"/> (m) Hauteur h : <input type="text"/> (m) Portée entre nus L : <input type="text"/> (m) Élément <input type="radio"/> Isostatique <input checked="" type="radio"/> Hyperstatique	Efforts appliqués à l'élément : Mp : <input type="text"/> (KN.m) Mc : <input type="text"/> (KN.m) Mr : <input type="text"/> (KN.m) Mq : <input type="text"/> (KN.m) Ψ_2 pour Mq : <input type="text"/>	Caractéristiques de l'élément : Coefficient d'équivalence Acier-Béton (η) : <input type="text" value="15"/> Section totale des acier tendus : <input type="text"/> (cm ²) Distance entre le cdg des Aciers et la fibre comprimé : <input type="text"/> (m) Béton : Classe de résistance : <input type="text"/> ?
--	---	--

Mise en oeuvre :

- La mise en oeuvre des éléments fragiles intervient immédiatement après le décoffrage de l'élément porteur
- La mise en oeuvre des éléments fragiles intervient très longtemps après le décoffrage de l'élément porteur
- La mise en oeuvre des éléments fragiles intervient quelques temps après le décoffrage de l'élément porteur - Détermination du coefficient Ψ :

Détermination du coefficient Ψ :

- valeur de Ψ renseigné directement :
- valeur de Ψ établie par formule (B3.9) Temps écoulé entre décoffrage et mise en oeuvre revêtement fragile : (jours)

Résultats :

(A venir.)



18 Calcuette combinaison barres HA et TS

Cette calculette se présente sous la forme suivante :

Calcul section d'acier

Les TS indiqués en section transversale sont ajoutés à la somme totale de la section longitudinale. Ces TS sont placés perpendiculairement aux TS normaux. Cela se retrouve dans les dalles portant sur 4 appuis ou un TS aura sa section longitudinale placée dans le sens Lx et sa section transversale dans le sens Ly, et le deuxième TS sera placé à l'opposé du premier, avec sa section longitudinale placée dans le sens Ly et vice-versa. L'intérêt de ces deux colonnes est de pouvoir faire le cumul pour les deux types de sections.

Barres HA :		TS section longitudinale :		TS section transversale :	
Diamètre	Nombre	Type	Nombre	Type	Nombre
HA 6		ST 10		ST 10	
HA 8		ST 20		ST 20	
HA 10	2	ST 25		ST 25	
HA 12		ST 30		ST 30	
HA 14		ST 35	1	ST 35	
HA 16		ST 50		ST 50	
HA 20		ST 60		ST 60	
HA 25		ST 15C		ST 15C	
HA 32		ST 25C		ST 25C	
HA 40		ST 40C		ST 40C	
		ST 50C		ST 50C	
		ST 65C		ST 65C	

Mise à Zéro

A propos ...

Section longitudinale (cm²/ml) : 5,42 Section transversale (cm²/ml) : 1,28 Poids Total (Kg) : 5,26

Certains des champs de ce formulaire ont été renseignés pour permettre au lecteur de comprendre son fonctionnement.

Dans le cas ci-contre, le projeteur désire connaître la section longitudinale et la section transversale d'un TS ST35 placé dans un sens « normal » avec 2 barres HA10.

Sachant que les barres HA sont toujours placées dans le sens longitudinal.

Les sections longitudinales et transversales des TS sont celles repris de la définition ADETS à savoir que la fonction porteuse est dans le sens longitudinal et la fonction répartitrice est dans le sens transversal.

Réponse du logiciel : 5,42cm² en section longitudinale et 1,28cm² en section transversale.

Figure 18-1 - Calcuette combinaison section HA/TS

Si nous avions voulu la section de TS placée de manière perpendiculaire, le nombre « 1 » aurait été alors placé dans la colonne « TS section transversale ».

Cette façon de faire permet d'ajuster le placement du TS, soit suivant le sens normal, soit avec une rotation de 90°.



19 Caractéristiques du logiciel

19.1 Fonctionnalités par version

19.1.1 Version 1.0

1^{ère} version à partir de laquelle le logiciel est considéré comme fonctionnel. Ce qui n'exclut pas des erreurs ou des bug de fonctionnement qui seront repris dans les versions ultérieures.

L'écran d'accueil se présentait de la manière suivante :

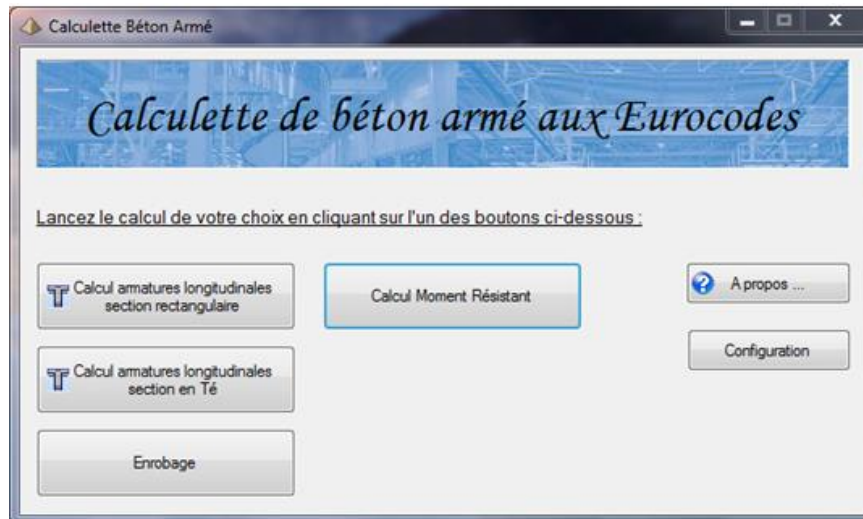


Figure 19-1 - Ecran de présentation du logiciel

Et comme vous le voyez, il ne présentait pas beaucoup de fonctionnalités !

19.1.2 Version 2.0

2^{ème} version, diffusée le 6 septembre 2021 sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>.

Ajout des programmes suivants :

- Prédimensionnement poteau
- Vérification poteau
- Coefficient de fluage
- Diagramme d'interaction
- Calcul de l'ancrage droit
- Calcul de l'ancrage courbe
- Détermination de la flèche nuisible

Tous ces programmes sont détaillés dans la présente notice.

Correction de bugs divers dont notamment :

- Reprise de l'algorithme complet du calcul du moment résistant. Le moment résistant est maintenant calculé de manière numérique et non pas à base de formules analytiques qui se sont révélées fausses. N'utilisez donc pas la version 1.0 pour le calcul de moment résistant. Je me suis aperçu du bug lorsque j'ai programmé le calcul de prédalles, ou j'avais des résultats complètement incohérents.



19.1.3 Version 3.0

3ième version, diffusée le 22 aout 2022 sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>.



Figure 19-2 - Version 3.0

Ajout de fonctionnalités :

- Calcul d'enrobage :
 - Ajout du calcul des conditions d'adhérence.
- Section aciers :
 - Ajout d'un module de calcul supplémentaire permettant le calcul de section d'acier par panachage ou pas de barres HA et de treillis soudés « ADETS ».

Correction de bugs :

La liste indiquée ci-après n'est pas exhaustive.

- Reprise de l'algorithme complet du calcul de section des aciers à l'ELU pour les rectangulaires, avec affichage du pivot de calcul, etc... Etalonnage du logiciel par rapport à la littérature et à la feuille Excel DT0129 de Mr THONIER
- Reprise d'une erreur sur le calcul d'enrobage nominal : le logiciel calculait avec une classe de structure en moins soit une classe 25 ans pour une structure classée 50 ans par exemple. Ce qui donnait des résultats trop favorables.

19.1.4 Version 4.0

4ième version, diffusée le 27 aout 2023 sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>.



Figure 19-3 - Version 4.0

Ajout de programmes :

- Ajout du programme « Effort maximum de traction par barre HA » : programme permettant de calculer l'effort de traction maximal que peut supporter une barre HA totalement ancrée, en situation ELU durable/transitoire ou accidentelle ou autre suivant sa limite d'élasticité.
- Ajout du programme « Recouvrement » permettant le calcul de la longueur de recouvrement d'une barre HA.
- Ajout du programme « Flexion composée – Armatures section rectangulaire » permettant le dimensionnement des armatures longitudinales d'une section carrée ou rectangulaire d'un élément béton armé, sous sollicitation de flexion composée.

Ajout de fonctionnalités :

- Programme « Prédimensionnement poteau » :
 - Possibilité ou pas d'éditer la note de calcul en cliquant sur le bouton « Editer »
- Diagramme d'interaction :
 - Calcul des diagrammes d'interaction sous format 3D pour les sections carrées ou rectangulaires.
- Programme « Vérification poteau » :
 - Affichage de la note de calcul dans l'onglet « Résultats » sans avoir besoin de faire appel à un éditeur de texte.

Correction de bugs :

- Programme « Vérification Poteau » :
 - Modification calcul A_s min et A_s max pour la section longitudinale dans les poteaux.
 - Reprise du bouton « Effacer »
 - Quelques corrections de forme sur la note de calcul (titres, etc. ...)
 - Masquage des entités non fonctionnelles dans cette version
- Programme « Prédimensionnement poteau » :
 - Le sous-programme « Gestion d'erreur » était mal configuré.
 - Correction de la valeur d' dans le calcul de la valeur δ .



19.2 Reprise Glossaire des variables

Pour ceux qui veulent comprendre le fonctionnement des algorithmes utilisés.

Autant que faire se peut, j'ai utilisé en nom de variable, les noms de variables usuellement utilisés dans la littérature technique ou dans la réglementation, y compris avec les lettres grecques (ce que permet maintenant les éditeurs des langages modernes de programmation).

Comme les programmes sont relativement courts, il y a peu de documentation dans cette partie, la signification des variables se retrouvant assez facilement.

Mais, il n'est pas exclu qu'au fur et à mesure des compléments et modifications apportés à cette notice, des éléments nouveaux soient aussi apportés à cette section.

Formulaire Dimensionnement armature longitudinale :

fck = contrainte caractéristique du béton

fyk = Limite d'élasticité de l'acier

Situation =1 si ELU, =2 si EL accidentel

Classe = classe de l'acier A, B ou C

bw = largeur de la section

h = hauteur de la section

Csup = distance entre le cdg des aciers supérieurs et l'arête supérieure du coffrage

Cinf = distance entre le cdg des aciers supérieurs et l'arête inférieure du coffrage

Es = module d'élasticité de l'acier

Nu = effort normal ELU ou ELA

Mu = moment de flexion ELU ou ELA

Ns = effort normal ELS

Ms = moment de flexion ELS

Asup = section acier supérieur

Ainf = section acier inférieur



20 Bibliographie

La conception des diverses parties de ce logiciel s'est appuyée sur les documents suivants :

Cours béton armé :

- Cours de Mr Thonier – Janvier 2008

Normes et recommandations :

- L'EN1992-1-1 AC2008 AC2010 : 2004 et son Annexe Nationale Française d'octobre 2007
- Le projet d'Annexe Nationale Française à l'EN1992-1-1, du 24 juin 2015
- Les Recommandations Professionnelles de mars 2007

Livres pour l'ensemble du logiciel :

- « Applications de l'Eurocode 2 » 1^{ière} édition – JA Calgaro et J. Cortade – Edition Presses ENPC
- « Calcul des structures en béton » 2^{ième} édition - JM Paillé - Edition Eyrolles – Afnor
- « Eurocode - Maitrise de l'Eurocode 2 Guide d'application » - J. Roux - Edition Eyrolles – Afnor
- « Eurocode - Pratique de l'Eurocode 2 Guide d'application » - J. Roux - Edition Eyrolles – Afnor
- Guide pour l'application de l'Eurocode 2 – Partie 1-1 – Guide EGF-BTP et UMGO-FFB – rédigé par Mr Thonier du 19/11/2011

Pour des points particuliers :

- Pour la partie Résistance des Matériaux :
 - Série d'articles « La poutre continue sur micro-ordinateur » parue dans la revue « Annales de l'ITBTP » en 1989 et 1990 sous la plume de Mr Thonier. C'est d'ailleurs, à partir de cet article, que j'ai réalisé mon 1^{er} programme de calcul de poutre continue en béton armé (en TurboBasic de Borland sous ms-dos, que de souvenirs ...). Et c'est, en partie lui, que l'on retrouve sous le capot dans le module Rdm du logiciel, raison qui explique les 18 formes de charges.
 - Le « Chambaud – Lebellet » Tome 2
 - Formulaire Résistance des Matériaux – Techniques de l'Ingénieur – TI formulaire C2015
- Pour le calcul en section :
 - Projet BA-cortex – module D0
 - Cours INSA Rennes
- Calcul des flèches :
 - Article du CSTC : contrôle des flèches suivant l'Eurocode 2 – Cahiers du CSTC – n°4/2010 – cahier n°2 – Corrigé du 11 aout 2011.i

Voilà la liste des ouvrages sur lesquels je me suis appuyé pour la réalisation du présent logiciel. Certains documents sont accessibles sur internet (Goggle est votre ami).

Certains documents présentés ci-avant, ne sont pas forcément indispensables à la compréhension du logiciel.

Ainsi, votre propre cours BA et votre cours Rdm peuvent très bien remplacer les documents présentés dans les références équivalentes. Je les ai indiqués car je les ai trouvés très clairs et que je me suis appuyé sur eux pour les formules figurant dans le logiciel. Vous pouvez aussi trouver d'autres formulaires Rdm. D'ailleurs ces documents deviennent précieux car avec l'arrivée de l'informatique depuis une trentaine d'années dans les bureaux d'étude, ils ont tendance à disparaître des rayons des éditeurs. Raison pour laquelle vous voyez encore la survivance du « Chambaud-Lebellet » Tome 2 (avec ces tables de logarithme qui servaient au calcul par la règle à calcul !).



Manuel d'utilisation du logiciel Calculette Béton Armé

Rassurez-vous, la compréhension du logiciel ne nécessite pas la lecture de tous ces ouvrages mais cette liste pourra vous être utile pour retrouver l'origine de telle ou telle formule utilisée par le logiciel, ou pour comprendre la méthodologie utilisée.