

# **Semelle en béton armé sur pieux**

**Version 2.0**

Manuel d'utilisation



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

*(Page laissée intentionnellement blanche ...)*



## Logiciel **SEMELLE BA SUR PIEUX** version 2.0

### SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>GENERALITES.....</b>	<b>9</b>
1.1	PRESENTATION GENERALE DU LOGICIEL .....	9
1.2	A PROPOS DE LA PRESENTE NOTICE .....	10
1.3	CONFIGURATION REQUISE POUR L'UTILISATION DU LOGICIEL.....	11
1.3.1	<i>Exécution directe du logiciel.....</i>	<i>11</i>
1.3.2	<i>Lecture du code source du logiciel – Compilation – Exécution .....</i>	<i>11</i>
1.4	TELECHARGEMENT DU LOGICIEL .....	11
1.4.1	<i>Sous format fichier d'installation :.....</i>	<i>11</i>
1.4.2	<i>Sous format code sources :.....</i>	<i>15</i>
1.4.3	<i>Traitement de texte interne : .....</i>	<i>16</i>
1.5	LIMITES DU LOGICIEL.....	17
1.5.1	<i>Limites générales.....</i>	<i>17</i>
1.5.2	<i>Limites particulières.....</i>	<i>17</i>
1.5.2.1	Béton .....	17
1.5.2.2	Acier - Ferrailage.....	17
1.5.2.3	Géométrie .....	17
<b>2</b>	<b>MODELISATION – METHODOLOGIE DE CALCUL .....</b>	<b>19</b>
2.1	HYPOTHESES GENERALES DE CALCUL.....	19
2.1.1	<i>Dispositions générales .....</i>	<i>19</i>
2.1.2	<i>Dispositions géométriques .....</i>	<i>19</i>
2.1.3	<i>Charges .....</i>	<i>19</i>
2.1.4	<i>Armatures.....</i>	<i>20</i>
2.1.5	<i>Béton .....</i>	<i>20</i>
2.1.6	<i>Pieux.....</i>	<i>20</i>
2.1.7	<i>Autres .....</i>	<i>21</i>
2.2	FLUAGE.....	21
2.3	PRISE EN COMPTE DE L'ECART DE POSITION DES PIEUX .....	21
2.4	METHODES D'ANALYSE .....	22
2.4.1	<i>Généralités .....</i>	<i>22</i>
2.4.2	<i>Semelle sur pieu unique.....</i>	<i>23</i>
2.4.2.1	Semelle assimilée à une bielle unique comprimée– méthode Bielle - Tirant .....	23
2.4.2.2	La méthode des Recommandations Professionnelles.....	24
2.4.2.3	La méthode empirique sur ferrailage minimal.....	25
2.4.3	<i>Semelle sur deux pieux ou sur deux barrettes .....</i>	<i>25</i>
2.4.3.1	Méthode d'interpolation Bielle-Tirant/Flexion.....	25
2.4.3.1	Méthode Bielle – Tirant.....	26
2.4.3.2	Méthode par flexion.....	30
2.4.3.3	La méthode des Recommandations Professionnelles.....	30
2.5	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES .....	31
2.5.1	<i>Armatures longitudinales inférieures – semelle sur 2 pieux ou 2 barrettes .....</i>	<i>31</i>
2.5.2	<i>Armatures longitudinales supérieures – semelle sur 2 pieux ou 2 barrettes .....</i>	<i>32</i>
2.5.3	<i>Armatures transversales.....</i>	<i>32</i>
2.5.4	<i>Mandrins .....</i>	<i>32</i>
2.5.4.1	Pour les armatures longitudinales .....	32
2.5.4.2	Pour les armatures transversales (ou secondaires).....	33
<b>3</b>	<b>REGLES GENERALES D'UTILISATION DU LOGICIEL .....</b>	<b>35</b>



3.1	ENTREE DES DONNEES.....	35
3.1.1	<i>Depuis un fichier existant</i> .....	35
3.1.2	<i>A partir d'un nouveau fichier</i> .....	36
3.2	CALCUL .....	36
3.3	RESULTATS .....	37
<b>4</b>	<b>FORMULAIRES ET ECRANS .....</b>	<b>38</b>
4.1	ORGANISATION GENERALE DU LOGICIEL.....	38
4.2	ECRAN GENERAL.....	39
4.3	FORMULAIRE GEOMETRIE.....	41
4.3.1	<i>Généralités</i> .....	41
4.3.2	<i>Semelle de fondation</i> .....	43
4.3.3	<i>Poteau</i> .....	43
4.3.4	<i>Pieux</i> .....	43
4.3.5	<i>Barrettes</i> .....	43
4.3.6	<i>Formulaire configuration et modifications géométriques automatiques</i> .....	44
4.4	FORMULAIRE CHARGES ET COMBINAISONS .....	44
4.4.1	<i>Charges</i> .....	45
4.4.2	<i>Combinaisons</i> .....	46
4.4.3	<i>Limitations</i> .....	47
4.5	FORMULAIRE MATERIAUX .....	47
4.6	FORMULAIRE FERRAILLAGE.....	49
4.6.1	<i>Onglet « Stock barres HA – Mandrins »</i> .....	50
4.6.2	<i>Onglet « Stock Treillis soudé - Mandrins »</i> .....	52
4.6.3	<i>Onglet « Modèle armatures de flexion »</i> .....	52
4.6.3.1	<i>Cadre de ferrailage anti-éclatement</i> .....	53
4.6.3.2	<i>Espacement maximal et minimal entre armatures longitudinales</i> .....	53
4.6.4	<i>Onglet « Armatures principales » - Limité au semelle sur 2 pieux ou sur 2 barrettes</i> .....	54
4.6.5	<i>Onglet « Ferrailage transversal »</i> .....	56
4.6.6	<i>Onglet « Attentes »</i> .....	58
4.6.7	<i>Onglet « Armatures imposées »</i> .....	59
4.7	FORMULAIRE MODELISATION ENVIRONNEMENT .....	59
4.7.1	<i>Onglet ELU – Méthode de calcul</i> .....	61
4.7.1.1	<i>Semelle sur 1 pieu</i> .....	61
4.7.1.2	<i>Semelle sur 2 pieux</i> .....	61
4.7.2	<i>Onglet Fluage</i> .....	63
4.7.3	<i>Onglet Environnement - Durabilité</i> .....	64
4.7.4	<i>Onglet Résistance Sismique</i> .....	65
4.8	FORMULAIRE CONFIGURATION DU LOGICIEL.....	65
4.8.1	<i>Présentation générale</i> .....	65
4.8.2	<i>Onglet Général</i> .....	67
4.8.3	<i>Onglet Code de calcul</i> .....	68
4.8.3.1	<i>Partie code de calcul</i> .....	68
4.8.3.2	<i>Partie norme d'exécution</i> .....	68
4.8.4	<i>Onglet Editeur</i> .....	69
4.8.5	<i>Onglet « Eléments de calcul »</i> .....	69
4.9	ECRAN « A PROPOS... » .....	70
<b>5</b>	<b>RESULTATS .....</b>	<b>72</b>
5.1	NOTE DE CALCUL .....	72
5.1.1	<i>Exemple de sommaire : Semelle sur 2 pieux suivant la méthode des Recommandations Professionnelles</i> .....	72
5.1.2	<i>Exemple de sommaire : Semelle sur 1 pieu suivant la Méthode Bielle et Tirant</i> .....	73



5.1.3	<i>Exemple de sommaire : Semelle sur 2 pieux suivant la Méthode Bielle et Tirant</i> .....	73
5.1.4	<i>Exemples de notes de calcul</i> .....	73
5.2	PLAN DE FERRAILLAGE DE LA SEMELLE .....	73
5.2.1	<i>Eléments communs</i> .....	73
5.2.2	<i>Ecran – Semelle sur un pieu</i> .....	75
5.2.3	<i>Ecran – Semelle sur un pieu</i> .....	76
5.2.4	<i>Composition des plans de ferrailage</i> .....	77
5.3	METRE.....	77
<b>6</b>	<b>OUTILS</b> .....	<b>79</b>
6.1	CALCULETTE COMBINAISON BARRES HA.....	79
<b>7</b>	<b>METRE</b> .....	<b>81</b>
7.1	REGLES DE CALCUL DU METRE.....	81
7.2	AFFICHAGE DU METRE .....	81
<b>8</b>	<b>CARACTERISTIQUES DU LOGICIEL</b> .....	<b>83</b>
8.1	FONCTIONNALITES PAR VERSION .....	83
8.1.1	<i>Version 2.0</i> .....	83
8.1.2	<i>Version précédente</i> .....	84
8.2	AMELIORATIONS DU LOGICIEL A VENIR .....	84
8.3	PARADIGME DE PROGRAMMATION .....	85
8.4	GLOSSAIRE DES VARIABLES .....	85
8.5	STRUCTURE DU FICHIER DE DONNEES .....	86
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>88</b>
<b>10</b>	<b>VALIDATIONS ET EXEMPLES</b> .....	<b>89</b>
10.1	VALIDATION N°1 - EXEMPLES MULTIPLES FIGURANT DANS LA LITTERATURE TECHNIQUE.....	89
10.1.1	<i>Exemple n°1 - Semelle sur 1 pieu suivant la méthode de la semelle sur rocher</i> .....	89
10.1.2	<i>Exemple n°2 - Semelle sur 1 pieu – Dimensionnement suivant la méthode de la bielle unique comprimée</i> 90	
10.1.3	<i>Exemple n°3– Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant la méthode des Recommandations Professionnelles</i> .....	91
10.1.4	<i>Exemple n°4– Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant l'article 9.8.1(2) de l'Eurocode 2</i> 91	



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

*(Page laissée intentionnellement blanche ...)*



## **Avertissement :**

Le présent document constitue le manuel d'utilisation du logiciel « Semelle BA sur pieux EC2™ ».

Il ne s'agit aucunement d'un cours sur les semelles sur pieux en béton armé. L'utilisateur est réputé connaître la technologie des fondations sur pieux, les principes de dimensionnement et de construction de ce type d'ouvrage et enfin être familier avec les dispositions de l'Eurocode 2. C'est la raison pour laquelle ce logiciel s'adresse, avant tout, à des projeteurs ou à des étudiants en cycle génie civil maîtrisant leurs cours de béton armé et désirant approfondir leurs connaissances en matière de dimensionnement de semelle en béton armé sur pieux.

Le présent document explique essentiellement l'usage du logiciel « Semelle BA sur pieux EC2™ », et définit, autant que faire se peut, les conditions d'utilisation de celui-ci.

Le but de ce logiciel est pédagogique, et toute utilisation à des fins professionnelles ne saurait engager la responsabilité de l'auteur. Aucune garantie ne peut être donnée sur les performances de ce logiciel. Celui-ci n'a pas fait l'objet de l'ensemble des tests auxquels sont soumis les logiciels commerciaux ni des procédures d'assurance qualité.

L'utilisation du présent logiciel reste donc, sous la seule responsabilité de son utilisateur.

Il appartient à l'utilisateur de le tester et de valider les résultats obtenus.

Le lecteur voudra aussi m'excuser sur la forme, parfois chaotique, du présent document. Ce dernier sert aussi de document de travail et me permet de noter un élément particulier soit dans la partie formulaire servant au recueil de données soit dans la partie modélisation présentant l'algorithme de calcul. Ce dont profite aussi l'utilisateur final du logiciel.

Cela m'imposerait à chaque fois de reprendre l'ensemble du document pour vérifier l'absence de saut de page incongrue. Ce qui est un peu pénible et me ferait perdre beaucoup de temps vu le nombre de fois où je rajoute un commentaire à la présente notice. Voilà pour la forme.

Il est possible aussi que la présente notice présente quelques oublis. En effet, quand j'ai codé le logiciel, il peut m'être arrivé de mettre en place une fonctionnalité ou un algorithme particulier tout en ne le répertoriant pas dans la notice. Le lecteur aura la gentillesse de me le faire remarquer et je le corrigerai sur la version suivante.

Enfin, je vous remercie par avance pour toutes les observations et remarques que vous pourrez me communiquer concernant l'utilisation de ce logiciel.

## **Bonne lecture !**



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

*(Page laissée intentionnellement blanche ...)*



# 1 Généralités

## 1.1 Présentation générale du logiciel

Le logiciel Semelle BA sur pieux® permet le calcul de dimensionnement de semelle en béton armé venant prendre appui sur un ou deux pieux :

- De forme carrée ou rectangulaire suivant 1 pieu ou 2 pieux,
- Sous charge verticale descendante complétée, éventuellement, par un moment et un effort horizontal.
- Dans un environnement quelconque
- Sur 1 pieu ou sur 2 pieux.

suivant le règlement Eurocode 2 pour des bâtiments standards.

Le calcul est établi suivant :

- Les prescriptions de l'Eurocode 2 (EN1992-1-1 :2004 AC2008 AC2010)
- Complétées par l'Annexe Nationale française de mars 2016.
- Et, suivant les cas, par les commentaires du fascicule de documentation FD P18-717 de décembre 2013 incluant les recommandations professionnelles de mars 2007. Normalement, ces dernières apparaissent sous forme de cases à cocher, car elles n'ont pas la même valeur juridique que les 2 textes précédents. Elles ne doivent être applicables que si le marché les rend expressément applicables.
- Et, suivant les cas, par les commentaires de la commission de normalisation (quand ces derniers sont librement accessibles !)
- D'autres documents peuvent, suivant le cas, compléter ces indications (Cahier des Prescriptions Techniques, Littérature technique, etc. ...). Voir [§9 Bibliographie page 88](#)
- Et, enfin, suivant ma libre interprétation du règlement lorsque ce dernier ne précise rien sur le sujet correspondant.

Certains auteurs parlent de chevêtre ou de massif tête de pieux pour désigner l'ouvrage de raccordement avec la tête de pieu. Dans la présente notice, cet ouvrage sera toujours désigné sous le terme de semelle qu'il repose sur 1 ou 2 pieux ou barrettes (terme consacré par l'usage d'après moi !).

Je rappelle que ce logiciel est prévu pour le dimensionnement d'ouvrage dans des bâtiments standards. Il n'est pas approprié pour le calcul de ces éléments dans les Immeubles de Grande Hauteur (IGH) dont les charges peuvent être très importantes, pour des bâtiments industriels soumis à de fortes charges d'exploitation ou des charges dynamiques, pour des ponts routiers, ferroviaires ou tout autre type d'ouvrage d'art, etc. ...

Ce programme offre les possibilités suivantes :

- Détermination de la géométrie de la semelle.
- Choix des hypothèses concernant la qualité et les caractéristiques des matériaux retenus (béton et acier), son environnement et enrobage, ...
- Multiples modèles d'efforts appliqués sur la semelle
- Sorties des résultats du calcul sous forme de :
  - Note de calcul
  - Plan de ferrailage de la semelle
  - Métré de la semelle : quantitatif du béton, des aciers et du coffrage.
- Edition de la note de calcul
- Edition du plan de ferrailage

Le plan de ferrailage et le métré sont imprimables pour constituer les Plans d'Exécution d'Ouvrage.



La conception de ce programme s'est appuyée sur la base documentaire détaillée au §9 - [Bibliographie](#) de la présente notice. Je vous invite à vous rendre à la page 88 pour prendre plus ample connaissance de cette base.

**Rappel Important :**

Le but de ce logiciel est pédagogique, et toute utilisation à titre professionnel ne saurait engager la responsabilité de l'auteur. Aucune garantie ne peut donc être donnée sur les performances de ce logiciel. Il appartient à l'utilisateur de le tester et de valider les résultats obtenus.

## 1.2 A propos de la présente notice

Le logiciel a été conçu pour une utilisation la plus intuitive possible à un projeteur chevronné. Il suit donc un enchaînement logique des tâches tel que :

- J'entre les données : en général, je commence par définir la géométrie de mon élément, puis les charges qui sont appliquées sur ce dernier et enfin tout le reste (enrobage, flèche, etc. ...)
- Une fois, toutes les données renseignées, je demande au logiciel d'effectuer les calculs
- J'étudie les résultats obtenus.

Mais la logique des un n'est pas forcément la logique des autres. Aussi ce manuel a pris naissance pour bien préciser les éléments indispensables à l'utilisation du programme dans le cas où l'utilisateur serait pris de quelques doutes.

La lecture de ce manuel n'est donc pas indispensable à l'utilisation du logiciel, son utilisation par un projeteur maîtrisant les règles de calcul de l'Eurocode 2 doit se faire sans difficulté particulière, quelques fichiers d'aide accessibles par l'icône  disposés aux endroits pouvant donner lieu à interprétation, devraient permettre normalement d'éviter d'avoir recours à la présente notice. Si cela n'était pas le cas, l'auteur serait heureux de connaître les difficultés que vous avez rencontrées afin de pouvoir apporter une correction dans les éditions suivantes. N'hésitez donc pas à communiquer à l'auteur toutes vos remarques.

Toutefois, il n'y a aucune honte à lire le présent document. Déjà cela récompensera l'auteur du logiciel à l'avoir rédigé et l'auteur lui-même y fait quelque fois appel quand il ne souvient plus de l'intérêt de telle fonctionnalité, du sens de telle caractéristique, ...

Par contre, le manuel devient indispensable à celui qui voudrait apporter des modifications au logiciel, ce dernier étant livré avec son code source sans aucune restriction. Cela vous encourage donc à y apporter toutes les modifications souhaitables.

Par contre, le souhait de l'auteur est d'être informé de toutes modifications afin d'en profiter aussi. Merci pour lui.

Autre avantage à la rédaction de la présente notice : cela permet d'éclaircir les idées et de mieux définir les éléments à mettre en place dans les différents formulaires et écran constituant ce logiciel. La rédaction de la notice fait prendre du recul vis-à-vis de la conception globale du logiciel et c'est tout bénéfique.

Dans la suite de la présente notice, il est parfois fait référence à un article réglementaire. Quand cet article est cité sans autre précision, il s'agit toujours d'un article de l'EN1992-1-1 :2004 AC2008 AC2010. A titre d'exemple, le §5.3.1(3) est l'article 5.3.1(3) de l'EN1992-1-1 :2004 AC2008 AC2010 traitant de la modélisation d'une poutre.

**Important :**

Je rappelle que la présente notice ne constitue pas un cours de béton armé. Il est indispensable pour la bonne utilisation de ce logiciel que l'utilisateur connaisse les principes de dimensionnement du béton armé et de son environnement réglementaire et notamment du code de calcul Eurocode 2.



Le niveau universitaire BUT – DUT - BTS Génie Civil est nécessaire et suffisant pour la bonne exploitation de ce logiciel.

## 1.3 Configuration requise pour l'utilisation du logiciel

### 1.3.1 Exécution directe du logiciel

Ce logiciel a été testé sous système d'exploitation Windows 10 64 bits®. Il n'exige pas de ressources matérielles supplémentaires à celles nécessaires pour faire fonctionner Win10®.

Il fonctionne sous tout PC équipé de Windows 7 ou 10 64bits. Toutefois, le framework .NET V4.5 devra être installé. Ce dernier est normalement installé sous tout PC fonctionnant sous Windows 10 à jour. Sinon il se trouve librement téléchargeable sur le site de Microsoft®.

### 1.3.2 Lecture du code source du logiciel – Compilation – Exécution

Ce programme a été écrit en Visual Basic 2017® sous Visual Studio 2017®.

La configuration pour lire le code source et apporter des modifications doivent à minima respecter les préconisations pour l'utilisation du logiciel Visual Studio édition professionnelle 2017 (Voir site de Microsoft® pour les informations les plus pertinentes).

## 1.4 Téléchargement du logiciel

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

- **Avec Setup d'installation.** Il suffira d'exécuter le fichier Setup avec les droits Administrateur pour lancer la séquence d'installation du logiciel. Le logiciel « Semelle BA sur pieux EC2™ » sera alors directement exécutable. Voir §1.4.1 Sous format fichier d'installation : ci-dessous.
- **Sous format code source.** Vous disposez du code source du logiciel. Vous pouvez le compiler pour obtenir l'exécutable et l'utiliser alors pour faire les calculs correspondant. Vous pouvez aussi, y apporter des modifications en le chargeant via Visual Studio™.

### 1.4.1 Sous format fichier d'installation :

Dans l'archive téléchargé au format zip, vous trouverez 2 fichiers permettant l'installation du logiciel :



- Le fichier setup.exe
- Le fichier Setup.msi

Il faut d'abord décompresser l'archive puis installer ces 2 fichiers dans un répertoire quelconque (ce dernier n'a pas d'importance).

Puis double-cliquez sur le fichier setup.exe pour lancer la procédure d'installation. Si possible, faites exécuter ce fichier avec les droits «Administrateur», cela évitera de bloquer des éléments d'installation. Eventuellement, faites l'installation en ayant arrêté votre antivirus. Ce dernier peut aussi poser problème. Cela m'est arrivé quelques fois mais ce n'est pas systématique.

Cela va lancer la séquence suivante :

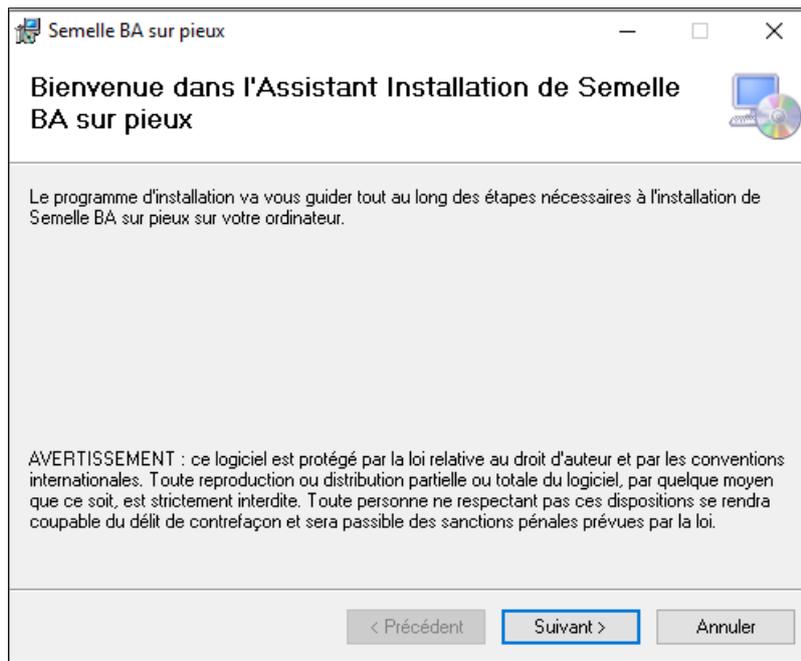


Figure 1-1 - Ecran initial de la séquence d'installation

Cliquez sur le bouton « Suivant ».

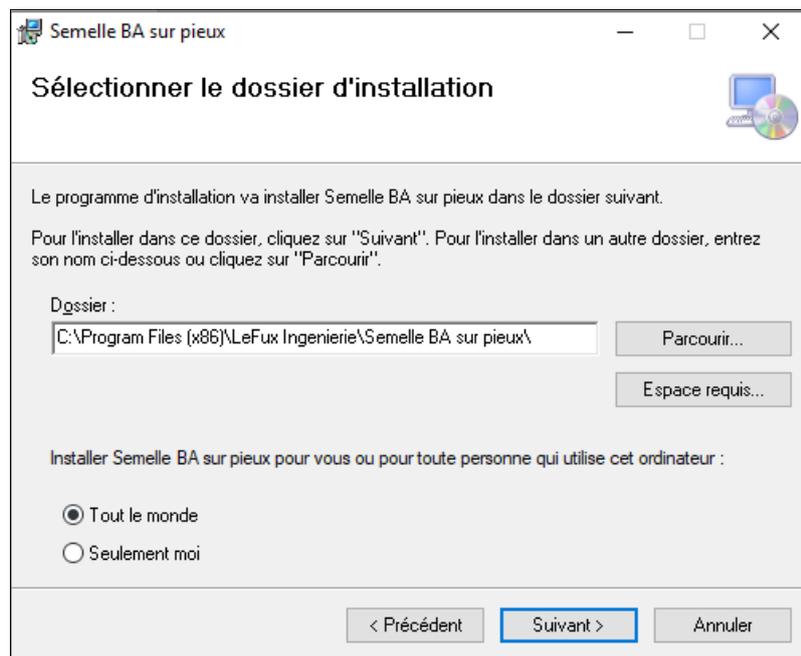


Figure 1-2 - Ecran pour sélectionner le répertoire d'installation

Préciser dans quel répertoire vous souhaitez installer le logiciel. Vérifier que dans ce répertoire, vous disposez des droits en écriture. Je vous conseille de choisir le répertoire « Mes documents » (en général, sous windows 10, ce dernier est de la forme C:\Users\p\_dej\Documents\...). Pour vous ce sera un autre nom que « p\_dej » mais la forme restera la même. Et, après, je vous conseille de créer deux sous-répertoires :



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

- 1<sup>er</sup> sous-répertoire que vous pouvez intituler « LeFux Ingenierie », ce qui vous permettra d'installer tous les logiciels que vous avez téléchargé depuis mon site dans un même sous-répertoire. C'est quand même plus facile pour s'y retrouver.
- 2<sup>ème</sup> sous-répertoire que vous intitulerez « Semelle sur pieux » (original n'est-ce pas !) et dans lequel la procédure d'installation disposera de tous les fichiers nécessaires à la bonne exécution du logiciel.

Au final, cela donnera donc le dossier suivant : C:\Users\p\_dej\Documents\ LeFux Ingenierie\ Semelle sur pieux \ dans lequel vous trouverez tous vos fichiers.

Précisez si tout le monde pourra avoir accès à ce logiciel ou uniquement vous (valable dans le cas d'un ordinateur partagé).

Puis cliquez sur le bouton « Suivant ».

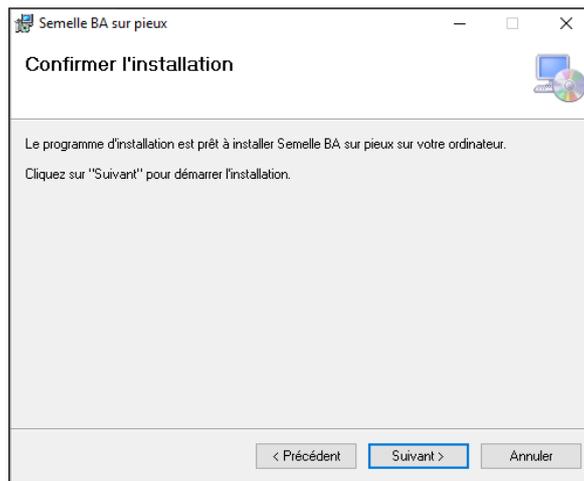


Figure 1-3 - Ecran de lancement de la séquence d'installation

Rien d'autre à faire que cliquer sur le bouton « Suivant »

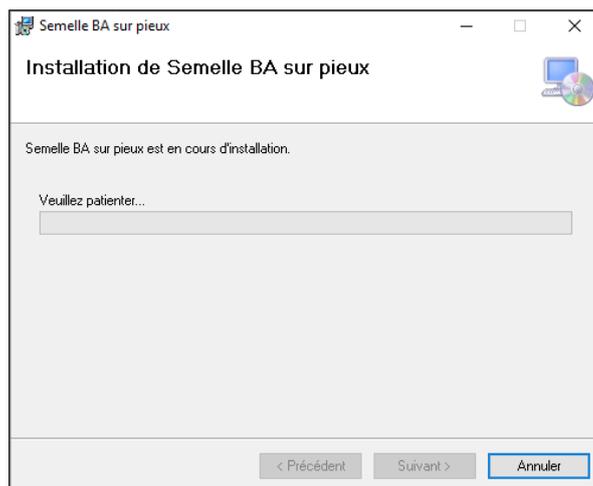


Figure 1-4 - Ecran de progression de l'installation

Rien d'autre à faire qu'attendre que le programme installe le logiciel. Le démarrage peut être assez long, soyez patient. L'écran suivant s'affiche lorsque l'installation est terminée, il n'y a rien à faire.

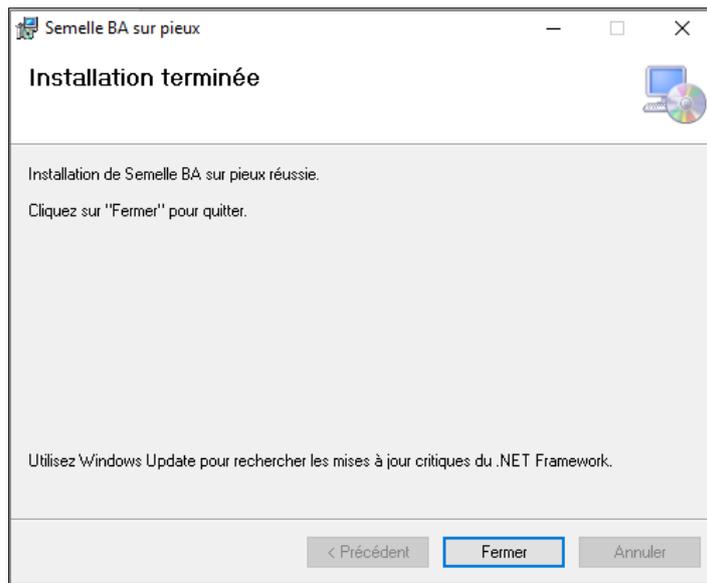


Figure 1-5 - Dernier écran

Il ne vous reste plus qu'à cliquer sur le bouton « Fermer » et la séquence d'installation du logiciel est terminée.

**Rappel Important :**

- Vous devez exécuter le fichier Setup avec **les droits Administrateur** c'est-à-dire « Exécuter en tant qu'administrateur » suivant l'invite Windows.
- Dans la procédure d'installation, l'installateur va vous demander dans quel répertoire vous souhaitez installer ce logiciel. Indiquez-lui un répertoire dans lequel vous avez les droits en écriture sinon vous allez rencontrer des problèmes de fonctionnement. Je vous conseille de l'installer dans le répertoire « Mes documents ». Il est facile d'accès et vous pourrez récupérer facilement les notes de calcul.

Une fois l'installation terminée, tous les fichiers figurant dans l'image ci-dessous, doivent figurer dans le répertoire que vous avez choisi pour installer le logiciel.

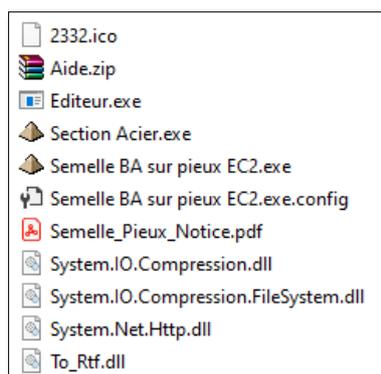


Figure 1-6 - Fichiers installés par le programme d'installation

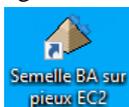
**Important :**

Si les répertoires « Aide », « data » et « Note\_de\_calcul » ne sont pas affichés (comme dans la figure ci-dessus), ils vont automatiquement se créer lors de la 1<sup>ière</sup> utilisation du logiciel Semelle BA sur pieux EC2®.



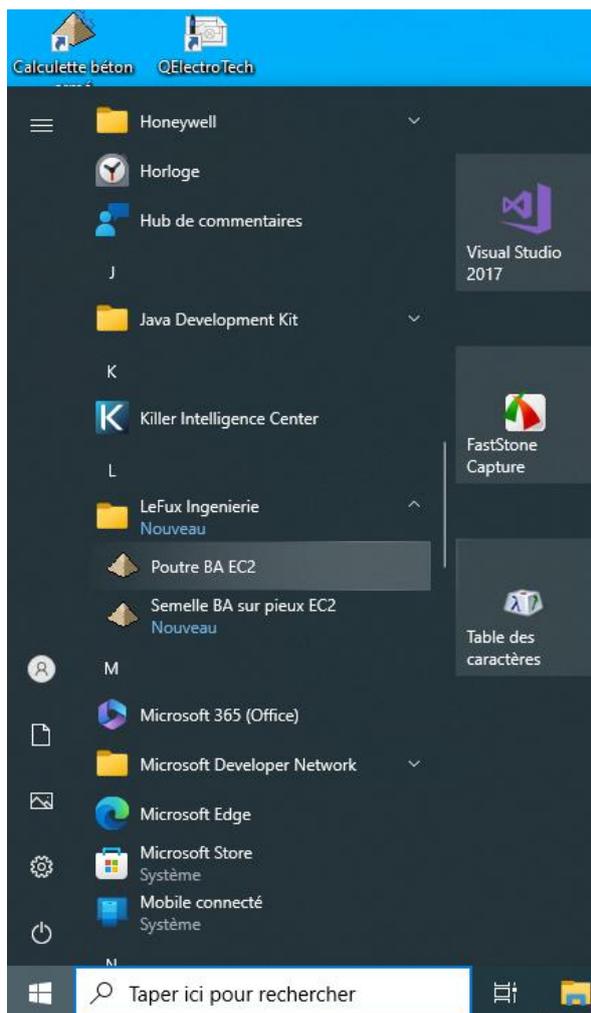
Pour l'utilisateur lambda, cela n'est pas très gênant dans le sens où un raccourci est placé sur le bureau pour lancer directement le programme.

Comme le montre l'image ci-contre, il figurera sur votre bureau une image composée d'une pyramide avec le nom du logiciel Semelle BA sur pieux EC2® dessous et l'icône d'une flèche avant le nom pour symboliser un raccourci.



Si vous cliquez sur le raccourci, le logiciel correspondant est automatiquement lancé suivant la procédure habituelle des programmes sous Windows®.

Figure 1-7 - Raccourci sur le bureau



Le programme d'installation permet aussi l'installation d'un raccourci vers le logiciel dans la barre de tâche comme le montre l'image ci-contre.

Dans mon cas de figure, comme j'ai précisé, dans le programme d'installation, que tous ces logiciels composaient la suite « LeFux Ingenierie », ils viennent donc tous s'installer dans ce répertoire. Cela donne un aspect plus professionnel et évite de les voir disperser dans la barre de tâches. Cela explique la raison de l'apparition du logiciel « Poutre BA EC2 » dans l'image ci-contre.

Vous pouvez donc lancer le logiciel depuis cette barre de tâches.

Figure 1-8 - Raccourci dans la barre de tâche

Si vous souhaitez le désinstaller, il vous suffit d'appliquer la même procédure que pour tous les logiciels Windows : Démarrer>Paramètres>Applications>Applications et fonctionnalités puis vous sélectionnez dans la liste le logiciel « Semelle BA sur pieux EC2™ » et vous cliquez sur le bouton « Désinstaller ». Et la procédure de désinstallation va démarrer.

### 1.4.2 Sous format code sources :

Ce chapitre concerne uniquement ceux désirant comprendre et, éventuellement, modifier le logiciel. Ceux ne souhaitant qu'utiliser le logiciel, peuvent passer leur chemin.



Dans le fichier compressé, vous allez trouver 5 projets :

- Projet « Semelle BA sur pieux EC2 » correspondant au logiciel « Semelle BA sur pieux EC2™ »
- Les projets « complémentaires » :
  - Projet Editeur de texte correspondant au logiciel d'édition de texte interne au logiciel « Semelle BA sur pieux EC2™ ».
  - Projet Module RTF contenant le module de construction de fichier au format rtf
  - Projet Section Acier contenant le logiciel « Section Acier »
- L'installateur :
  - Porte le nom Setup. Il sert uniquement à créer la séquence d'installation du présent logiciel sous format directement exécutable Voir §1.4.1 [Sous format fichier d'installation](#) :

L'avantage de cette construction modulaire est de bénéficier de la mise à jour des projets « complémentaires » pour les programmes les utilisant. Si vous avez déjà téléchargé et utilisé un de mes logiciels, il est donc fort possible que ces Adons soient déjà en place sur votre disque dur.

Si vous ne téléchargez pas et n'installez pas sur votre disque dur, ces 3 programmes Adons, vous ne pourrez pas compiler et donc exécuter le présent logiciel. Avec Visual Studio, vous pourrez toujours lire mais vous ne pourrez pas compiler, cela vous affichera une erreur comme quoi des fichiers ne peuvent être trouvés, et pour cause, puisqu'ils n'ont pas été installés.

Dans le répertoire accueillant le code source, vous devez retrouver les programmes suivants :

- Les fichiers :
  - Avec les extensions .vb, .resx, .vbproj, .sln, .vbproj.user : il s'agit des fichiers du logiciel proprement dit soit les formulaires, écrans, module de calcul, etc. ...
- Les répertoires :
  - Data : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers de données. Important : ne supprimez pas ce répertoire car les sauvegardes de vos données lors du calcul de nouveaux projets, sont enregistrées dans ce répertoire. Si vous supprimez ce répertoire, vous risquez de planter le logiciel lors d'une sauvegarde.
  - Aide : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers d'aide auquel vous pouvez faire appel depuis les formulaires du logiciel. Ces fichiers se trouvent au format mht pour être lisible depuis un navigateur internet. Ils s'affichent automatiquement dès que vous cliquez sur un bouton présentant l'icône .
  - Note\_de\_calcul : ce répertoire est vide pour l'instant. Mais le logiciel y placera les notes de calcul au fur et à mesure de votre utilisation du logiciel.

Si vous avez téléchargé le logiciel uniquement sous format code source, vous devrez le compiler pour pouvoir l'exécuter. Vous pouvez utiliser Visual Studio Community 2015™ ou 2017™, gratuit sur le site de Microsoft, pour compiler et lancer l'exécution du logiciel.

Si vous utilisez Visual Studio™, je suppose que vous le maîtrisez, et donc vous saurez sans peine refaire l'édition de lien avec les 3 projets Adon indiqués ci-dessus (éditeur, module rtf, ...).

L'intérêt d'avoir sorti ces 3 parties du logiciel, est de permettre à chaque fois qu'une amélioration est portée à l'une ou l'autre de ces 3 parties, d'en faire profiter l'ensemble des logiciels intégrant ces 3 parties (Plancher BA, poutre BA, poteau BA, calelette bâtiment, Structure, calelette béton armé, ...). Et ça, c'est génial !

Voir §4.1 [Organisation générale du logiciel page 38](#) du présent manuel pour plus d'information.

### **1.4.3 Traitement de texte interne :**

---

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 de droit, 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.

## 1.5 Limites du logiciel

### 1.5.1 Limites générales

---

Ce logiciel permet :

- Le calcul de semelle sur 1 pieu
- Le calcul de semelle symétrique sur 2 pieux sous réserve qu'aucun pieu ne se retrouve en traction.

En conséquence, et en particulier, ce logiciel **ne permet pas** :

- Le calcul de semelle avec un poteau excentré.
- Le calcul de semelle avec trois pieux et plus, avec des barrettes,
- Le calcul de semelle avec des pieux différents.

Voir aussi les limites suivantes liées au moteur de calcul : [§2.1 Hypothèses générales de calcul ci-dessous page 19](#).

### 1.5.2 Limites particulières

---

#### 1.5.2.1 Béton

Les limites concernant le béton sont les suivantes :

- Béton : limite maximale classe C50/60
- La limite minimale de la classe du béton est évaluée par rapport à la classe d'exposition de la semelle. Toutefois, le logiciel autorise le calcul avec une classe non admise, il affichera simplement un avertissement dans la note de calcul.

Pour les autres limitations voir [§4.5 Formulaire Matériaux ci-dessous page 47](#)

#### 1.5.2.2 Acier - Ferrailage

Les limites concernant l'acier et/ou le ferrailage sont les suivantes :

- L'acier composant les armatures est conforme aux disposition à l'EN 10080.
- La nuance d'acier est identique pour l'ensemble du ferrailage. Le panachage d'acier de type A, B ou C et S500, S550 et autres sont interdits.

Pour les autres limitations concernant le matériau Acier proprement dit, voir [§4.5 Formulaire Matériaux ci-dessous page 47](#)

Pour les limitations concernant le ferrailage :

- Qualité des aciers identiques pour les armatures supérieures, inférieures, les cadres et les épingles.
- Les aciers transversaux ont tous même diamètre : cadres et épingles sont constitués par des barres de même diamètre et de même type (même limite élastique et même classe).

Pour d'autres limitations concernant le ferrailage, voir [§4.6 Formulaire Ferrailage ci-dessous page 49](#).

#### 1.5.2.3 Géométrie

La semelle est symétrique par rapport à l'axe vertical central :



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

- Même débord
- Même pieu
- Symétrie d'implantation des pieux avec le poteau

Les poteaux sont carrés, rectangulaires ou circulaires.

Le poteau est supposé centré sur la semelle.

Tous les pieux sont identiques : même diamètre, symétriques par rapport à la semelle, etc. ...

Voir les autres limites dans la présentation du formulaire « Géométrie » au [§4.3 Formulaire Géométrie page 41 ci-dessous](#).



## 2 Modélisation – Méthodologie de calcul

### 2.1 Hypothèses générales de calcul

Ces hypothèses s'appliquent à la version dont le numéro figure sur la page de couverture de la présente notice.

#### 2.1.1 Dispositions générales

---

Calcul réalisé suivant l'Eurocode 2 : 2005 avec ses corrigendum AC2008 et AC 2010 et Annexe Nationale Française de 2007.

Application des Recommandations figurant sur le fascicule de documentation FD P 18-717 de décembre 2013 suivant le type de semelle. Au libre choix du projeteur et suivant les clauses du marché.

Application des dispositions de l'EN 1536 Pieux forés et notamment de ses tolérances d'implantation. Au libre choix du projeteur. Voir les exemples de validation du logiciel pour la mise en œuvre ou pas de cette disposition.

#### 2.1.2 Dispositions géométriques

---

Il est rappelé, ci-dessous, dans quelles limites générales, doivent s'inscrire les semelles dimensionnées par le présent logiciel.

- Poteau :
  - Limité à 1 seul poteau sur la semelle,
  - Vertical,
  - Centré sur la semelle,
  - Section carré, rectangulaire ou circulaire,
- Semelle :
  - Carrée ou rectangulaire,
  - Sur 1 ou 2 pieux,
- Pieux :
  - Circulaires,
  - Vertical,
  - Pour les semelles sur 2 pieux :
    - Symétriques par rapport à la semelle : même débord et même diamètre,
    - L'entraxe entre les pieux, centré sur la semelle,
    - Les 2 pieux sont placés dans le plan X,
- Barrettes (non disponible dans cette version logicielle) :
  - Carrées ou rectangulaires,
  - Autres hypothèses identiques à celles indiquées pour les pieux,

D'autres limites existent, elles sont signalées au §1.5.2.3 Géométrie page 17 et §[Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable. page Erreur ! Signet non défini.](#)

#### 2.1.3 Charges

---

- Charges de compression uniquement, verticales, dans le sens du poteau. Pas de charge de soulèvement.
- Le poids de la semelle peut être calculé de manière automatique par le logiciel via la coche d'une option dans le formulaire [Charge](#). La densité de la semelle est prise égale à 25kN/m<sup>3</sup>. Le poids est donc égal à son volume multiplié par sa densité.



Cela permet de distinguer les 2 charges et évite d'intégrer dans la contrainte sous poteau, le poids propre de la semelle.

Cette façon de procéder laisse libre choix au projeteur de :

- Réaliser le calcul en ne prenant pas en compte le poids de la semelle
- Réaliser le calcul en prenant en compte le poids de la semelle. **Choix à plutôt favoriser.** Voir §10.1.4 Exemple n°4– Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant l'article 9.8.1(2) de l'Eurocode 2 [page 91](#)
- Si vous souhaitez prendre en compte le poids des terres au-dessus de la semelle, vous devez le renseigner explicitement. Voir §10.1.3 Exemple n° 3– Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant la méthode des Recommandations Professionnelles

#### 2.1.4 Armatures

---

- Caractéristiques de l'acier identique pour l'ensemble des armatures : limite élastique et classe de ductilité A, B ou C.
- Le diamètre des barres composant l'armature de reprise d'effort tranchant est identique sur l'ensemble de la hauteur et pour toutes les formes d'armatures : cadre, épingles et étriers.

#### 2.1.5 Béton

---

- Limite maximale classe C50/60

#### 2.1.6 Pieux

---

Il s'agit de pieux en béton armé conforme aux disposition de la NF EN 1536 Pieux forés ou de la NF EN 12699 Pieux avec refoulement du sol.

Pour la NF EN 1536 :

- Elle s'applique aux pieux de section circulaire et aux barrettes de section rectangulaire, en T ou en L bétonnés en une seule opération.
- Elle concerne :
  - Les pieux forés ayant un rapport profondeur/largeur supérieur à 5
  - Les pieux ayant un diamètre compris entre 0,3 m et 3,0 m
  - Les barrettes
  - Les pieux et les barrettes à éléments structurels préfabriqués circulaire dont la plus petite dimension est supérieure à 0,3 m.
- Elle couvre la réalisation :
  - Des pieux forés isolées
  - Des groupes de pieux forés
  - Des parois réalisées avec des pieux sécants, contigus ou espacés.
  - Les pieux peuvent être en béton armé, en béton non armé, en béton armé avec des armatures spéciales (profilés ou tubes en acier) ou constitués d'éléments préfabriqués en béton.

Les pieux réalisés à la tarière creuse dépendent de l'EN 1536.



Pour la NF EN 12699 :

- Ces pieux sont mis en place dans le terrain sans forage ni excavation de sol. Ils sont foncés dans le terrain par battage, vibration, vissage ou combinaison de ces méthodes. Ils peuvent être en acier, en béton, en bois, en coulis....
- La norme s'applique en particulier aux pieux préfabriqués en béton, aux pieux exécutés en place avec tubage temporaire ou permanent.
- Elle couvre :
  - Les pieux isolés
  - Les groupes de pieux
  - Les palplanches en béton

### 2.1.7 Autres

---

D'autres limites existent, elles sont signalées directement dans les formulaires concernés. Voir, notamment, les chapitres traitant des méthodes de calcul.

## 2.2 Fluage

**Non disponible dans la présente version logicielle.**

Le logiciel prend en compte le fluage suivant les indications de l'article 5.8.4 de l'Eurocode 2.

Toutefois, il les module selon les points suivant :

- Une seule valeur de fluage est appliquée à l'ensemble du poteau.
- Le coefficient de fluage est calculé pour un temps de chargement infini. Il me semblait que suivant la rédaction de l'Eurocode, il était possible de moduler ce temps en 50 ans pour un bâtiment normal et 100 ans pour un pont ou un ouvrage exceptionnel. Suivant les exemples ressortant dans la littérature technique, il faut prendre une valeur de temps infini. C'est ce qu'applique aussi la société GRAITEC dans son logiciel Arche Hybride. En conséquence, l'onglet « Fluage » du formulaire « Modélisation – Environnement » ne demande plus la date de chargement final.

## 2.3 Prise en compte de l'écart de position des pieux

**Non disponible dans la présente version logicielle.**

L'article 9.8.1(1) de l'EN1992-1-1 :2004 précise qu'*il convient de prendre en considération l'écart de position prévue des pieux sur le chantier.*

Cet écart de position correspond à la tolérance d'implantation indiquée dans les normes suivantes :

- NF EN 1536 - Pieux forés
- NF EN 12699 - Pieux avec refoulement du sol

Cet écart de position est automatiquement pris en compte par le logiciel quand vous cochez, dans le formulaire [Configuration](#), l'option correspondante à votre pieu :



Normes d'exécution de pieux en béton armé	
<input type="checkbox"/> complété par la NF EN 1536 - Exécution des travaux géotechniques - Pieux forés	
<input type="checkbox"/> complété par la NF EN 12699 - Exécution des travaux géotechniques - Pieux avec refoulement du sol	

Cet écart de position est traduit de différentes façons, suivant le type de pieu :

- Semelle sur 1 pieu :
  - Moment complémentaire correspondant à la charge verticale multipliée par l'écart géométrique.
  - Modification des données de dimensionnement du pieu.
- Semelle sur 2 pieux :
  - Vérification de l'absence d'interaction entre les pieux.
  - Modification de l'angle des bielles ce qui peut conduire à augmenter la section du tirant dans le cas de l'utilisation de la méthode BT.
  - Modification de la portée et donc du moment résultant dans le cas de l'utilisation de la méthode flexionnelle.
  - Modification des données de dimensionnement du pieu.

Dans le cas où vous ne souhaitez pas la prise en compte de cet écart de position (exemple : dans le cas de la vérification d'une semelle existante, calculée avec le BAEL), il vous suffit de ne cocher aucune case.

## 2.4 Méthodes d'analyse

### 2.4.1 Généralités

Comme indiqué précédemment, le logiciel est conforme aux dispositions de l'EN 1992-1-1 et à l'annexe nationale française. Il est éventuellement complété par les décisions de la commission Eurocode et des recommandations professionnelles.

Le logiciel propose différentes méthodes de calcul, au choix du projeteur, suivant le type de semelle sur pieu :

1. Semelle sur pieu unique :
  - La modélisation de la semelle à une bielle unique comprimée (basée sur la théorie des Bielles et Tirants, présentée par l'Eurocode 2 dans son article 6.5) – Modélisation utilisée par le logiciel CypeCad (Cf §10.1.2 Exemple n°2 - Semelle sur 1 pieu – Dimensionnement suivant la méthode de la bielle unique comprimée)
  - La méthode des Recommandations Professionnelles de mars 2007. Renvoient à la méthode de la semelle sur rocher : article A9.8.4 de l'EN1992-1-1.
  - Méthode empirique de ferrailage

Toutefois, la dernière méthode ne pourra être activée que si aucun moment n'a été renseigné dans le torseur de force appliqué en tête ou en pied de poteau.

2. Semelle sur deux pieux ou sur deux barrettes :
  - La méthode de proratisation suivant la rigidité de la semelle. Elle s'applique au semelle semi-rigide.
  - La méthode basée sur le modèle Bielle - Tirant
  - La méthode des moments du CEB ou méthode flexionnelle
  - La méthode proposée par les Recommandations Professionnelles qui adaptent à l'Eurocode, les dispositions de l'article TMC de M. Blevot – Fremy, paru dans les Annales de l'ITBTP



## 2.4.2 Semelle sur pieu unique

### 2.4.2.1 Semelle assimilée à une bielle unique comprimée– méthode Bielle - Tirant

Cette modélisation de la semelle est celle utilisée par le logiciel Cypecad™. Elle se réfère à l'article A6.5.3 de l'EN 1992-1-1.

La semelle est assimilée à une bielle unique comprimée par l'effort normal de compression amené par le poteau et repris par le pieu de fondation. Suivant l'article A6.5.3 de l'Eurocode, cette bielle est soumise à des efforts internes de traction. Les armatures de la semelle sont dimensionnées pour reprendre les efforts de traction.

Cette modélisation est une généralisation de la modélisation adoptée par l'Eurocode pour les semelles sur rocher.

L'EN 1992-1-1 définit la largeur d'épanouissement de la bielle comprimée à travers les figures 6.25a et 6.25 b (cf. figure ci-dessous), et suivant cette largeur rapportée à la hauteur du tirant, il sera appliqué l'équation 6.58 ou 6.59 pour la détermination de l'effort de traction T.

Dans le logiciel, l'équation 6.59 (Cf. image ci-dessous) est modifiée et prend la valeur :  $T = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{0,7 \times a}{H}\right)^2 F$ . Cette modification est introduite le fascicule de documentation FD P 18-717 de décembre 2013 et repris par M. Paille et M. Thonier (cf. §9 - Bibliographie)

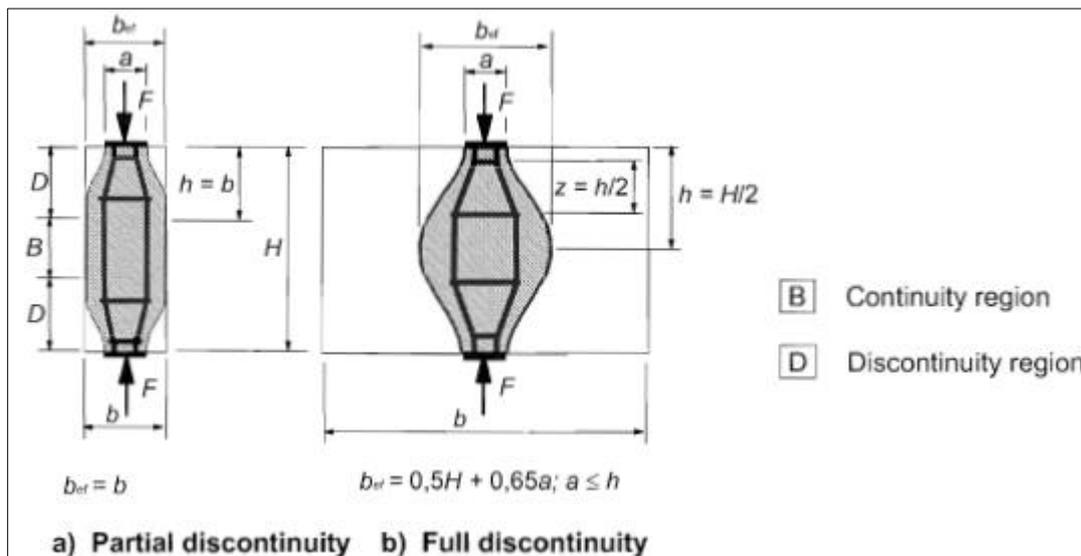


Figure 2-1 - Figure 6.25 a et 6.25 b de l'EN1992-1-1

a) for partial discontinuity regions  $\left(b \leq \frac{H}{2}\right)$ , see Figure 6.25 a:

$$T = \frac{1}{4} \frac{b-a}{b} F \quad (6.58)$$

b) for full discontinuity regions  $\left(b > \frac{H}{2}\right)$ , see Figure 6.25 b:

$$T = \frac{1}{4} \left(1 - 0,7 \frac{a}{h}\right) F \quad (6.59)$$

Figure 2-2 - Equations 6.58 et 6.59

Le ferrailage de la semelle est dimensionné pour la mise en place de cadres horizontaux de reprise de ces efforts de traction.



Les armatures verticales servent uniquement au montage des cadres horizontaux.

Le ferrailage se présente sous la forme de cadres horizontaux fixés sur des cadres verticaux.

Cette méthode est illustrée par l'exemple n°2 de la validation n°1 (Cf §10.1.2 Exemple n°2 - Semelle sur 1 pieu – Dimensionnement suivant la méthode de la bielle unique comprimée)

Le logiciel effectue une vérification sur le taux de compression de la semelle sur pieux. Si la contrainte de compression dépasse la valeur de 5MPa, alors il affichera un avertissement en demandant d'utiliser plutôt la méthode de l'article A9.8.4 de l'EN1992-1-1 (semelle sur rocher).

Normalement, cette méthode n'est pas utilisable dans le cadre d'un torseur comprenant un moment. Mais faute d'autre méthode proposée par l'Eurocode ....

### 2.4.2.2 La méthode des Recommandations Professionnelles

Les Recommandations Professionnelles (cf. §9 Bibliographie) pour les semelles armées, renvoient à la méthode de la semelle sur rocher : article A9.8.4 de l'EN1992-1-1.

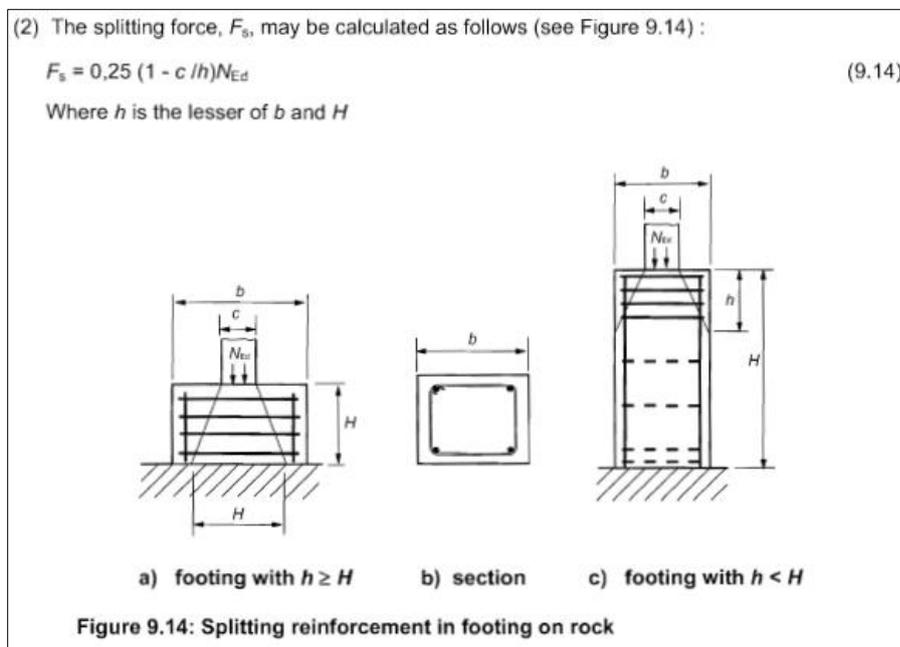


Figure 2-3 - Modélisation d'une semelle sur rocher

Applicable uniquement pour les semelles sur 1 pieu, soumises uniquement à un effort normal.

Dans le cadre de cette méthode, il n'y a pas d'armatures en partie basse et haute de la semelle. Les armatures sont uniquement périphériques (cadres anti-éclatement), les épingles verticales servant uniquement à maintenir l'écartement entre les cadres anti-éclatement.

Cette méthode est illustrée par l'exemple n°1 de la validation n°1 (Cf §10.1.1 Exemple n°1 - Semelle sur 1 pieu suivant la méthode de la semelle sur rocher) qui est présenté par M. Thonier dans son cours sur les fondations.

Le ferrailage se présente sous forme de cadres horizontaux maintenus par des épingles verticales, qui, elles-mêmes, peuvent être maintenues par des éclisses horizontales (au choix du projeteur – cf formulaire Ferrailage)

Dans le cas où le projeteur souhaiterait associer ces \_éclisses horizontales à la reprise de l'effort de traction  $F_s$  (cf. figure ci-dessus – équation 9.14), il devra cocher l'assertion ci-dessous.



Les épingles participent à la reprise de l'effort de traction.

Figure 2-4 - Eclisses reprenant l'effort de traction

**Attention :** cette reprise ne sera effective que si le projecteur demande des éclisses dans les 2 sens perpendiculaires. De plus le logiciel dimensionnera sur le côté le plus défavorable si le nombre d'éclisse n'était pas identique des deux côtés.

Pour des raisons de simplification de ferrailage, le diamètre des cadres et des épingles verticales et horizontales est identique.

Normalement, cette méthode n'est pas utilisable dans le cadre d'un torseur comprenant un moment. Mais faute d'autre méthode proposée par l'Eurocode ....

### 2.4.2.3 La méthode empirique sur ferrailage minimal

Cette méthode empirique dimensionne des cadres d'armatures dans les 2 sens orthogonaux, sous forme de paniers indéformables.

Elle est basée sur les considérations suivantes :

- 5 cadres HA8/ml de largeur ou longueur de massif (soit 2,51cm<sup>2</sup>/ml)
- 1 cadre HA8 horizontal tous les 20 à 30 cm
- Largeur minimale du massif : Ø du pieu + 0.15m de chaque côté de débordement. Exemple : pieu de 40 cm de diamètre conduit à une dimension minimale de massif égale à 70 cm = 40 + 15 + 15.
- Hauteur du massif de fondation  $\geq$  Ø du pieu (pour avoir un scellement correct des armatures)

Si excentrement du poteau > 10 cm alors mise en place d'une longrine de redressement.

Cette méthode conduit à un ferrailage de type cadres dans les 2 sens de la semelle. On retrouve les ferrailages du BAEL sachant que pour ce dernier, il n'y a jamais eu, non plus, de méthode de calcul normalisée.

Cette méthode empirique était déjà proposée, dans les mêmes valeurs de ferrailage, par M. GUERRIN dans sa série Traité de béton armé – Tome 3 – Les fondations.

## 2.4.3 Semelle sur deux pieux ou sur deux barrettes

### 2.4.3.1 Méthode d'interpolation Bielle-Tirant/Flexion

La méthode est bien présentée et explicitée dans l'ouvrage de M. Bosc, [3] « *Dimensionnement des constructions selon l'Eurocode 2 à l'aide des modèles bielles et tirants – Principes et applications* » 11<sup>ème</sup> édition – JL Bosc - Edition Presses de l'école nationale des ponts et chaussées.

».

L'exemple d'évaluation du calcul informatique est d'ailleurs extrait de cet ouvrage.

Cette méthode est une interprétation de l'article .9.8.1(2) de l'Eurocode 2 que fait M. Bosc, qui stipule « *il convient de calculer les armatures dans une semelle en tête de pieux en employant la méthode adéquate – méthode des bielles et tirants ou méthode par flexion.* ».

Il est à remarquer que ce même article n'indique aucune frontière géométrique entre les 2 méthodes et ne parle pas non plus d'interpolation. Le fascicule de documentation FD P18-717 n'en parle pas non plus et ni M. Paillé dans son livre, ni M Thonier dans son cours ne l'évoque. Ces deux derniers présentent uniquement les méthodes BT et flexionnelles mais sans aucune interpolation entre ces 2. Le lecteur se fera son idée.

J'ai repris, dans le logiciel, les limites proposées par M. Bosc, à savoir :

- Semelle classée comme **Rigide** si  $\frac{\text{entraxe entre les 2 pieux ou 2 barrettes}=e}{\text{bras de levier}=Z (=0,9 \times d)} \leq 1$



- Semelle classée comme **Semi-Rigide** si  $1 < \frac{\text{entraxe entre les 2 pieux ou 2 barrettes}=e}{\text{bras de levier}=Z (=0,9 \times d)} < (4 \text{ ou } 3)$
- Semelle classée comme **Flexible** si  $\frac{\text{entraxe entre les 2 pieux ou 2 barrettes}=e}{\text{bras de levier}=Z (=0,9 \times d)} > (4 \text{ ou } 3)$ .

Toutefois, le fascicule de documentation FD P18-877 de décembre 2013 en commentaire à l'article 6.5.4, propose au dernier alinéa, de retenir les conditions de l'article 5.3.1(3) pour les limites géométriques d'une poutre, à savoir, portée = distance entre axe des pieux  $\geq 3 \times$  hauteur totale de la section. M. Paillé dans son [livre](#), reprend la même limite. Le logiciel vous permet de prendre en compte cette limite à la place de celle proposée par M. Bosc (voir [3] « Dimensionnement des constructions selon l'Eurocode 2 à l'aide des modèles bielles et tirants – Principes et applications » 1<sup>ère</sup> édition – JL Bosc - Edition Presses de l'école nationale des ponts et chaussées.

M. Bosc ne précise pas dans son livre, l'origine de cette limite et comme je suppose qu'il ne l'a pas inventé tout seul, je pense qu'elle est d'origine allemande vu la bibliographie annotée, les ingénieurs allemands étant à l'origine de l'introduction de la méthode BT dans l'Eurocode.

La semelle est calculée suivant la méthode Bielle et Tirant si elle est considérée comme Rigide.

Si la semelle est considérée comme Semi-Rigide, ses armatures sont dimensionnées en appliquant les 2 méthodes : méthode BT et méthode de flexion. Le quantitatif d'armature est interpolé suivant la rigidité.

Si la semelle est considérée comme Flexible, elle est calculée par la seule méthode de flexion (Cf. [§2.4.3.2 Méthode](#) ).

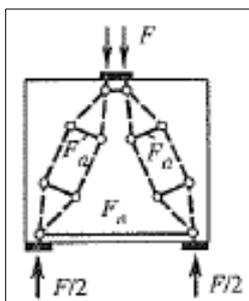
Cette interpolation s'applique aussi bien aux armatures longitudinales qu'aux armatures transversales (ou secondaires).

Par contre, cette interpolation ne s'applique pas aux contraintes. Ainsi, même si la semelle est classée semi-rigide, ses contraintes seront calculées par la méthode B-T, comme si la semelle était classée rigide. Cela rejoint les conditions de l'article 9.8.1(2) qui mentionne uniquement les armatures.

Cette méthode est illustrée par l'exemple [10.1.4 Exemple n°4 – Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant l'article 9.8.1\(2\) de l'Eurocode 2 page 91](#) de la présente notice.

### 2.4.3.1 Méthode Bielle – Tirant

#### 2.4.3.1.1 Modélisation BT



La modélisation d'une semelle sur 2 pieux, sous poteau en compression centrée, se présente sous la forme de la figure ci-contre.

Dans le cas de l'application d'un moment en pied de poteau, la modélisation des bielles est différente avec l'apparition d'une armature tendue dans la semelle.

L'effort de compression du poteau est modélisé sous forme de 2 forces, chacune renvoyant vers une bielle conduisant à la formation d'un tirant en partie basse de la semelle.

Figure 2-5 - Modélisation BT

Cette modélisation conduit au dimensionnement des armatures primaires et secondaires :

- Armature primaire = tirant en partie basse de la semelle
- Armature secondaire = ferrailage servant à la reprise des efforts de traction ayant tendance à faire éclater la bielle. Ce ferrailage est constitué d'armatures verticales et horizontales mais aussi transversales, les efforts de traction se développant dans les 2 sens.



#### 2.4.3.1.2 Algorithme utilisé

La méthodologie utilisée par le logiciel est la suivante :

- Vérification que la géométrie de la semelle rentre bien dans le cadre de la méthode BT. Calcul de l'angle  $\theta$ .
- Calcul d'une valeur  $Y_0$  à partir d'une valeur  $Z$  fixée a priori –  $h_0 = H - Z$  avec  $Z =$  bras de levier de la section.  $Z = 0,9.d$  et  $d = 0,9.H - H =$  hauteur de la semelle soit au total  $Y_0 = H - 0,81.H$
- Vérification des contraintes du nœud sous poteau en commençant par la contrainte  $\sigma_c < \sigma_{Rdmax}$  :
  - Si Oui alors calcul en Etat non hydrostatique des contraintes → calcul d'une contrainte de compression  $\sigma$  et d'une contrainte de cisaillement  $\tau$  – composition de la contrainte principale  $\sigma_{rd2}$  et  $\sigma_{rd3}$  et vérification de  $\sigma_{rd2}$  et  $\sigma_{rd3} < \sigma_{Rdmax}$ 
    - Si oui, nœuds vérifiés : géométrie semelle OK
    - Si non, alors revoir géométrie semelle
  - Si non calcul de nouvelle valeur de  $Y_0$  pour un état hydrostatique et vérification de  $\sigma_c$ ,  $\sigma_{rd2}$  et  $\sigma_{rd3} < \sigma_{Rdmax}$ 
    - Si oui, nœuds vérifiés : géométrie semelle OK
    - Si non nouveau calcul en Etat non hydrostatique des contraintes avec nouvelle valeur de  $Y_0$  tel que  $\sigma_c = \sigma_{Rdmax}$ . Calcul d'une contrainte de compression  $\sigma$  et d'une contrainte de cisaillement  $\tau$  – composition de la contrainte principale  $\sigma_{rd2}$  et  $\sigma_{rd3}$  et vérification de  $\sigma_{rd2}$  et  $\sigma_{rd3} < \sigma_{Rdmax}$ 
      - Si oui, nœuds vérifiés : géométrie semelle OK
      - Si non, alors revoir géométrie semelle
- Vérification de la contrainte du nœud sur pieu. A priori, plus favorable que la contrainte nœud sous poteau.

Cet algorithme permet de valider la géométrie de la semelle telle que renseignée par le projeteur.

Les armatures calculées (Tirant, secondaire et secondaire transversal) découleront de l'angle  $\theta$  obtenu.

#### 2.4.3.1.3 Nœuds

La modélisation prévoyant 2 bielles, 4 nœuds devraient être contrôlés, les nœuds de chaque extrémité de chaque bielle soit  $2 \times 2$  nœuds = 4.

Toutefois, le nœud sous le poteau est considéré comme un nœud unique du type Nœud soumis à compression sans tirant et relevant de la vérification de l'équation 6.60.

Pour le nœud sur pieu, il est pris le cas le plus défavorable, celui comportant la réaction du pieu la plus grande. Il s'agit d'un nœud soumis à compression et à traction, avec armature dans une direction, et relevant de la vérification de l'équation 6.61. La semelle étant symétrique, le côté le plus défavorable dimensionne l'autre côté.

La commission française de suivi de l'Eurocode considère que le nœud sous poteau peut être considéré comme confiné en raison de l'angle entre bielle (cf. FD P18-717 §6.5.4(5))

Toutefois, le logiciel laisse le libre choix au projeteur de le considérer comme confiné ou pas, via la coche d'une case à cocher dans le formulaire [Modélisation](#).

#### 2.4.3.1.4 Armatures secondaires

Il est calculé les efforts de traction pour reprendre les efforts d'éclatement dans la bielle béton comprimé. Ces armatures formant tirant sont considérées comme armatures secondaires dans le logiciel. Ils apparaissent sous ce vocable dans la note de calcul.



Ces efforts d'éclatement étant dirigés perpendiculairement à l'axe de la bielle, dans le sens longitudinal et transversal de la semelle, composent l'effort de traction T de la bielle.

Cet effort T donne lieu à 2 calculs, les caractéristiques géométriques de la bielle n'étant pas forcément les mêmes dans le sens longitudinal et transversal de la semelle (utilisation des équations 6.58 et 6.59 suivant que la bielle se trouve dans une région à discontinuité totale ou partielle)

- T1 : sens longitudinal de la semelle, décomposé sur les axes vertical et horizontal
- T2 : sens transversal de la semelle

La note de calcul va donc faire apparaître 3 types d'armatures :

- Les armatures secondaires verticales reprenant la composante verticale de T1
- Les armatures secondaires horizontales reprenant la composante horizontale de T1
- Les armatures secondaires transversales reprenant T2

### Calcul de l'effort de traction T :

#### Problème de l'équation 6.59 de l'EN1992-1-1 : 2004

L'équation définissant l'effort de traction T est fonction du classement de la région dans laquelle se développe la bielle : région de discontinuité partielle ou totale.

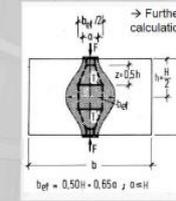
La formule de calcul de T en région de discontinuité partielle ne pose pas de difficulté particulière.

La formule de calcul de T en région de discontinuité totale pose un problème de raccordement sur ses limites.

Aussi, M. Bosc introduit une région de discontinuité intermédiaire permettant d'assurer le raccordement.

Le fascicule de documentation FD P 18-717 du 4 décembre 2013 propose une nouvelle formulation.

Le logiciel laisse le libre choix sur la formule de calcul de l'effort de traction dans la bielle comprimée, dans le cas où la bielle se trouve dans une région de discontinuité totale. En effet, la littérature indique une erreur dans la formule de l'équation 6.59 de l'EN1992-1-1 : 2004.

Modèles bielles tirants
<p>Comment interpréter la formule (6.25 b) ?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Background: Schlaich/Schäfer in Betonkalender 2001/2</p>  <p>Further investigations by FEM-calculations and improvement of the eq.:</p> <math display="block">T = \frac{1}{4} \left( 1 - 0,7 \frac{a}{h} \right) F</math> <p>→ But also wrong (h vs. H)! → Improved eq. (6.59) may be in a correct form:</p> <math display="block">T = \frac{1}{4} F \left( 1 - \frac{0,7a}{H} \right)^2</math> </div> <p>A défaut d'appliquer la formule actuelle de l'Eurocode et dans l'attente de son évolution, on peut aussi retenir les conclusions de l'article du Beton kalender rappelée ci-dessus et la formule rectifiée suivante :</p> $T = 0,25 F \left( 1 - 0,7 \frac{a}{H} \right)^2$

L'extrait ci-contre est tiré de la position du groupe de suivi de l'application de l'Eurocode 2 – Draft 11 du 28 septembre 2012.

Or, depuis septembre 2012, je n'ai vu aucune modification de l'article de l'Eurocode 2 modifiant cette équation.

Ce qui signifie, que réglementairement, on se doit d'appliquer une formule fausse !

Aussi, pour éviter cette absurdité, vous avez la possibilité en cochant la 2<sup>ème</sup> option, de passer par l'équation corrigée.

Le fascicule de documentation FD P 18-717 du 4 décembre 2013 fait référence à la même équation et M. Paillé dans son livre, présente aussi cette même équation pour mise en application.

#### Extrait - Avis Commission Suivi 2-1

En résumé, deux choix 1 ou 2 :

- Application de l'équation 6.59 non corrigée et utilisation d'une région de discontinuité intermédiaire pour assurer le raccordement de la formule.
- Application de l'équation 6.59 corrigée et pas de création de région de discontinuité intermédiaire.



Problème d'une largeur d'application différente de l'effort de compression aux 2 extrémités de la bielle

L'EN1992-1-1 : 2004 suppose, dans ses schémas, une largeur d'application a identique aux 2 extrémités de la bielle. Or, c'est loin d'être toujours le cas comme le montre le calcul des fondations sur pieux.

*Dans le cas de l'équation 6.59 (région de discontinuité totale) :*

Le logiciel suit la même procédure que celle développée dans [2] et [3], de calculer une valeur moyenne entre les largeurs d'application de l'effort de compression. La variable a de cette équation, prend alors cette valeur.

*Dans le cas de l'équation 6.58 (région de discontinuité partielle) :*

M. Paillé dans [2] fait le distinguo et calcule T pour chaque région de discontinuité D.

Le logiciel calcule une valeur moyenne d'appui et applique le même T à toutes les régions pour obtenir un ferrailage uniforme.

**Armatures secondaires verticales**

Les armatures verticales (que l'on peut improprement parler d'armatures d'effort tranchant) sont donc dimensionnées pour la reprise de cette projection de l'effort de traction du tirant sur l'axe vertical.

Ces armatures verticales sont disposées sur une longueur  $(\frac{L}{2} - \frac{a}{4}) \times 0,8$  avec L : entraxe entre pieux et a : dimension du poteau dans le sens longitudinal.

Pour des raisons d'homogénéité, cette densité de ferrailage est étendue sur toute la longueur longitudinale de la semelle, en prenant pour origine le nu extérieur du pieu.

**Armatures secondaires horizontales**

Les armatures horizontales sont dimensionnées pour la reprise de la projection de l'effort de traction du tirant sur l'axe horizontal.

Ces armatures horizontales sont disposées sur une hauteur  $Z \times 0,8$  avec Z : bras de levier, pris égal à 0,9d.

Ces armatures horizontales sont disposées sur toute la longueur de la semelle du nu extérieur du pieu gauche au nu extérieur du pieu droit et se présentent sous forme de cadre.

Pour des raisons de construction de ferrailage, le diamètre des armatures est identique à celui des armatures secondaires verticales.

**Armatures secondaires transversales**

Cet effort d'éclatement dans le sens transversal donne lieu au dimensionnement d'une section d'acier d'armature formant tirant transversal.

Ces armatures sont transversales et horizontales et se présentent sous forme d'épingles.

Pour des raisons de construction de ferrailage, le diamètre des armatures est identique à celui des armatures secondaires verticales.

Pour des raisons d'homogénéité, il y aura, au maximum, 1 épingle par rangée horizontale ou dit autrement, dans le sens vertical, il y aura autant d'épingle que de cadres horizontaux. Ces épingles seront disposées sur tous les cadres verticaux.



### **2.4.3.2 Méthode par flexion**

**Cette méthode n'est pas disponible dans cette version logicielle.** Quelques éléments ont été mis en place (voir § ci-dessous) pour pouvoir établir la méthode d'interpolation. Mais les éléments de calcul flexionnel n'ont pas pu être validés. Ils sont donc à prendre avec précaution.

#### *2.4.3.2.1 Généralité*

Cette méthode est autorisée par l'article 9.8.1(2) de l'Eurocode 2, qui stipule « *il convient de calculer les armatures dans une semelle en tête de pieux en employant la méthode adéquate – méthode des bielles et tirants ou méthode par flexion.* ».

Elle est validée par le fascicule de documentation [FD P 18-717](#) qui demande de tenir compte de toutes les conditions afférentes aux poutres (géométrie, effort tranchant, etc. ...)

#### *2.4.3.2.2 Effort tranchant et ferrailage*

Le calcul est établi suivant la méthode présentée par M. Thonier dans son cours sur les fondations de juin 2010.

### **2.4.3.3 La méthode des Recommandations Professionnelles**

#### *2.4.3.3.1 Généralité*

Les Recommandations Professionnelles transposent l'article Sols et Fondations (57), paru dans les Annales de l'ITBTP de février 1967, dans le cadre des Eurocodes. Le fascicule de documentation FD P18-717 de décembre 2013 valide cette méthode.

Cette méthode est basée sur une modélisation de 2 bielles comprimées avec tirant en partie basse dans la semelle de fondation, bielles se formant entre la base du poteau et les 2 pieux comprimés. Elle ne peut donc être mise en œuvre si un pieu se comporte comme un tirant.

Cette méthode impose aussi que la semelle soit classée comme rigide pour permettre le développement des bielles. Elle impose donc une hauteur minimale.

Elle peut être mise en œuvre si le poteau est soumis à une flexion composée sous réserve que le moment ne transforme pas un pieu en tirant (cf. remarque précédente).

La base du poteau pourra comprendre un effort horizontal. Cet effort horizontal induira un effort de moment supplémentaire qui sera pris en compte par la semelle et l'effort horizontal sera réparti équitablement entre les 2 pieux et repris par ces derniers.

Le logiciel indique, en fin de note de calcul, le torseur de force repris par le pieu le plus sollicité.

Dans ce cadre, le logiciel indiquera dans la note de calcul les éléments suivants en présence d'un moment :

- Si excentrement  $e$  ( $e = M/N$ ) compris dans le noyau central du poteau : base du poteau, entièrement comprimée.
- Si excentrement  $e$  au-delà du noyau central du poteau
  - Si les 2 pieux restent comprimés : alerte dans la note de calcul sur la nécessité d'ancrage d'un acier longitudinal de poteau dans la semelle.
  - Si un des pieux se transforme en tirant : arrêt du calcul avec information du projeteur.

Pour être mise en œuvre, elle doit vérifier un certain nombre de conditions :

- Les conditions géométriques suivantes :
  - Angle de la bielle comprise entre  $45^\circ$  et  $55^\circ$  pour permettre aux bielles comprimées de se développer dans la semelle.



- Largeur de la semelle, à minima, égal à la dimension du diamètre du pieu. Généralement, pris égal à diamètre du pieu + 2 x tolérance d'implantation
- Etat limite ultime de compression de bielle :
  - Sous le poteau
  - Sur le pieu
- Etat limite ultime de cisaillement
- Etat limite ultime de résistance :
  - Tirant en partie basse de la semelle
  - Armatures supérieures : entre 12,5% et 20% de la section d'armature formant tirant
  - Cadre : proportionnellement à l'effort de compression du poteau avec, pour base, 1 cadre HA10 espacé de 12 cm pour un effort de compression de 1,10MN.

La note de calcul reprend tous les éléments développés ci-avant.

Cette méthode est illustrée dans le cadre de la validation n°1, par l'exemple n°1 (Cf §10.1.3 Exemple n° 3– Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant la méthode des Recommandations Professionnelles) qui est présenté dans le livre « Aide-mémoire des ouvrages en béton armé ».

#### 2.4.3.3.2 Effort tranchant et ferrailage

Comme indiquée plus haut, il n'y a pas de calcul d'effort tranchant. Les auteurs de cette méthode, M. Blevot et Fremy indiquent d'ailleurs que les cadres servent pour l'essentiel à la reprise de l'effort de torsion, l'axe d'implantation du poteau n'étant jamais parfaitement centré par rapport à l'axe reliant les pieux.

La section des cadres est proportionnelle à l'effort de compression du poteau avec, pour base, 1 cadre HA10 espacé de 12 cm pour un effort de compression du poteau de 1,10MN, soit dit autrement, 13,09 cm<sup>2</sup>/ml pour Nu = 1,10 MN.

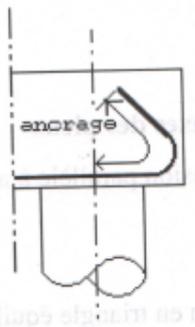
La section des cadres respecte donc cette proportionnalité.

## 2.5 Dispositions constructives

### 2.5.1 Armatures longitudinales inférieures – semelle sur 2 pieux ou 2 barrettes

Toutes les armatures longitudinales ont même diamètre pour des raisons de simplification de ferrailage.

Pour les semelles sur 2 pieux ou 2 barrettes, l'ancrage des armatures en partie basse est calculé de la façon suivante, avec le choix de l'origine de l'ancrage laissé au libre arbitre du projeteur, l'Eurocode étant muet sur ce point :

Ancrage à partir du nu du pieu	Ancrage à partir du milieu du pieu
	
<p>Le logiciel considère la génératrice intérieure du pieu comme le nu d'appui. Exemple : pieu de 60cm de diamètre et débord de 10cm, l'équivalent du nu d'appui sera à 70cm du bord de la semelle.</p>	<p>Le logiciel considère l'origine de l'ancrage à partir de l'axe du pieu. Exemple : pieu de 60cm de diamètre et débord de 10cm, l'équivalent du nu d'appui sera à 40cm du bord de la semelle. Avec le même exemple, il y a donc un décalage de 30</p>



cm par rapport à la figure de gauche.
---------------------------------------

Le logiciel calcule la longueur de scellement droit sur le pieu en prenant en compte la compression sur le pieu. Si la longueur de scellement droit excède la distance entre le nu d'appui et le bord de la semelle, le logiciel calcule alors, une crosse d'ancrage.

Les armatures en partie basse sont symétriques : si un crochet est disposé sur le bord gauche de la semelle, un crochet identique sera disposé à droite. De plus, le logiciel calcule le cas d'ancrage le plus défavorable et applique ce dernier sur les 2 appuis, pas de risque ainsi sur le chantier d'inversion d'appui.

Les principes indiqués ci-avant s'appliquent de manière identique à une semelle sur 2 barrettes.

Il est à noter que dans l'ouvrage Maitrise du BAEL91 et des DTU associés, les auteurs indiquaient un ancrage au nu du pieu pour des armatures calculées suivant la méthode des Annales de l'ITBTP et à l'axe du pieu pour des armatures calculées suivant la méthode de la flexion du CEB.

Concernant la prise en compte ou pas de cadres sur appuis, le logiciel laisse le libre choix au projeteur d'intégrer cette disposition (voir [disposition constructive](#) du §4.6.4) Cela permet de réduire le coefficient  $\alpha_3$  à 0,7 par le rôle de confinement joué par les cadres dans la formule de calcul de la longueur d'ancrage de calcul  $l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,req}$  (eq. 8.4 de l'EN1992-1-1). Toutefois, comme le logiciel prend aussi en compte le confinement par compression transversale ( $\alpha_5 = 0,7$ ) en raison de la mise en compression du pieu, la réduction reste relativement limitée, l'EN1992-1-1 limitant le produit  $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \geq 0,7$  (eq. 8.5 de l'EN1992-1-1). Au final, il ne sera pas possible de descendre en dessous du facteur 0,7.

## **2.5.2 Armatures longitudinales supérieures – semelle sur 2 pieux ou 2 barrettes**

Aucun crochet ou coude sur ces armatures. Acier droit uniquement.

L'extrémité de l'armature démarre à la valeur de l'enrobage.

## **2.5.3 Armatures transversales**

Toutes les armatures transversales ont même diamètre pour des raisons de simplification de ferrailage.

Uniquement cadre et épingle. Le logiciel n'autorise pas l'utilisation d'étrier pour des raisons de simplification de ferrailage.

## **2.5.4 Mandrins**

### **2.5.4.1 Pour les armatures longitudinales**

Le logiciel laisse le choix au projeteur de la dimension du mandrin :

1. Soit par les valeurs de mandrins proposées de base par le logiciel. En général, ces valeurs représentent 10 fois le diamètre de la barre. En général, ces valeurs représentent les mandrins dont le façonneur de cage de ferrailage dispose.
2. Soit sur la dimension minimale tel qu'énoncé au tableau 8.1N de l'Eurocode 2. Ces valeurs sont vérifiées par le calcul de la formule (8.1) pour éviter tout risque d'écrasement du béton.
3. Soit suivant la série proposée par la NF EN 13670 « Exécution des structures en béton », ce qui correspond à la série de Renard – Voir liste ci-dessous.

Diamètre du mandrin suivant la NF EN 13670 – Les valeurs de diamètre ci-dessous sont indiquées en mm :

16, 20, 25, 30, 32, 40, 50, 63, 70, 80, 100, 125, 150, 160, 200, 250, 300, 320, 400, 500, 630 et 800



Dans le cas du choix n°3, le logiciel prend le diamètre de mandrin immédiatement supérieur ou égal à 10 fois le diamètre de la barre. Ainsi, pour une barre HA12, il prendra le mandrin de diamètre 125mm.

Quel que soit le choix opéré, le logiciel vérifie systématiquement la condition de non écrasement du béton si la partie droite après la partie courbe dépasse les 5 diamètres.

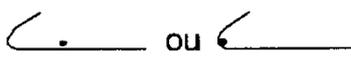
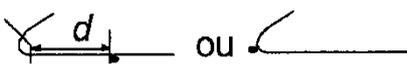
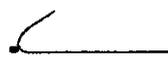
Extrait de l'Eurocode 2 dans le cas du choix n°2 :

**Tableau 8.1** Diamètre minimal du mandrin afin d'éviter les dommages aux armatures

**a) barres et fils**

Diamètre de la barre	Diamètre minimal du mandrin dans le cas des coudes, crochets ou boucles (voir Figure 8.1)
$\phi \leq 16 \text{ mm}$	$4 \phi$
$\phi > 16 \text{ mm}$	$7 \phi$

**b) assemblages soudés (barres et treillis) pliés après soudage**

Diamètre minimal du mandrin	
 ou 	 ou 
$5 \phi$	$d \geq 3 \phi$ : $5 \phi$ $d < 3 \phi$ ou soudure dans la partie courbe : $20 \phi$
NOTE Dans le cas de soudures situées dans la partie courbe, le diamètre du mandrin peut être réduit à $5 \phi$ lorsque le soudage est effectué conformément à l'EN ISO 17660 Annexe B.	

(3) Il n'est pas nécessaire de justifier le diamètre du mandrin vis-à-vis de la rupture du béton si l'une des conditions ci-après sont remplies :

- L'ancrage nécessaire de la barre ne dépasse pas  $5 \phi$  au-delà de l'extrémité de la partie courbe ;
- **Ou bien** La barre n'est pas disposée près de la surface (plan de flexion proche du parement) et il existe une barre transversale de diamètre  $\phi$  à l'intérieur de la partie courbe ;

Dans le cas contraire, il convient d'augmenter le diamètre du mandrin  $\phi_m$  comme indiqué par l' Expression (8.1) :

$$\phi_m \geq F_{bt} ((1/a_b) + 1/(2\phi)) / f_{cd} \quad \dots (8.1)$$

où :

- $F_{bt}$  est l'effort de traction dû aux charges ultimes dans une barre ou un groupe de barres en contact à l'origine de la partie courbe
- $a_b$  pour une barre donnée (ou groupe de barres en contact), est la moitié de l'entraxe entre les barres (ou groupes de barres) perpendiculairement au plan de la courbure. Pour une barre ou un groupe de barres proches du parement de l'élément, il convient de prendre pour  $a_b$  l'enrobage majoré de  $\phi / 2$ .

Il convient de limiter  $f_{cd}$  à la valeur de résistance correspondant à la classe de béton C55/67.

**2.5.4.2 Pour les armatures transversales (ou secondaires)**

Le logiciel offre le choix entre 2 séries



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

- Soit la série qui figure dans le 1<sup>er</sup> onglet du formulaire ferrailage où le logiciel indique, pour chaque diamètre d'armature et pour les 3 types d'armatures (longitudinales, transversales et barres bateaux par exemple), le diamètre du mandrin correspondant
- Soit un diamètre du mandrin conforme aux dispositions de l'article 8.5 de l'EN1992-1-1.

Le logiciel laisse le choix au projeteur de choisir entre ces 2 séries de valeurs.



## 3 Règles générales d'utilisation du logiciel

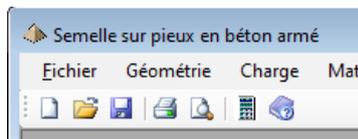
Une session de calcul se déroule en 3 étapes :

1. **Entrée des données :** renseignez les différents formulaires pour préciser les charges, les combinaisons, la géométrie de la semelle, son environnement, ... Tous les formulaires sont présentés au [chapitre 4](#) de la présente notice. Le logiciel impose de **renseigner en premier la géométrie de la semelle**.
2. **Calcul :** pour lancer le calcul, vous devez cliquer sur le menu « Calcul ».
3. **Résultats :** cliquez sur le menu « Résultats » pour faire afficher le type de résultats que vous souhaitez connaître. Les différents types de résultats proposés par le logiciel, sont présentés en détail, au [chapitre 5](#).

### 3.1 Entrée des données

L'entrée des données peut se faire de deux façons :

- Soit depuis un fichier existant
- Soit à partir d'un nouveau fichier



Initialement, aucune entrée n'est renseignée et la barre de titre de l'écran général n'affiche aucun nom de fichier (voir image ci-contre).

Figure 3-1 - Extrait de l'écran général

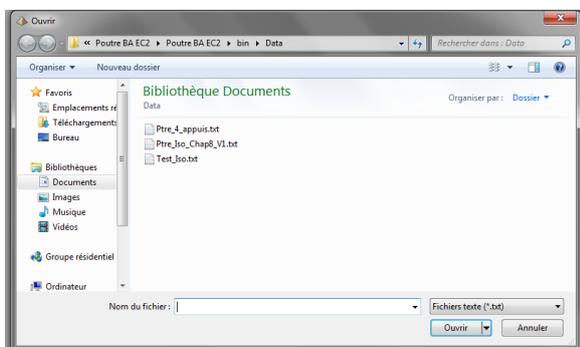
#### 3.1.1 Depuis un fichier existant



Vous avez déjà renseigné une semelle et vous voulez refaire un calcul, ou alors, légèrement modifiée une semelle précédemment renseignée, dans ce cas vous allez cliquer sur le menu « **Fichier** » puis le sous-menu « **Ouvrir** » (voir image ci-contre).

La boîte de dialogue standard d'ouverture de fichier s'affiche et vous propose une liste de fichier de données à charger. Cette boîte de dialogue fonctionne de la même façon que toute autre boîte de dialogue de chargement de fichier sous système d'exploitation Windows dans un logiciel quelconque comme Word, Excel, PhotoShop, etc.

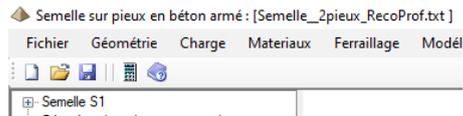
...



L'image ci-contre présente la boîte de dialogue sous format Windows 7, elle peut être légèrement différente sous un autre Windows.

Le répertoire dans lequel sont sauvegardés les fichiers de données est indiqué dans le formulaire de configuration (voir §4.8.2 Onglet Général). Il est donc important de bien le renseigner si vous ne voulez pas chercher partout vos données.

Une fois que vous avez choisi votre fichier et cliqué sur « Ouvrir », le fichier est chargé et le nom du fichier s'affiche dans la barre de titre (voir image ci-dessous).



Le nom du fichier de données (en l'occurrence, ici, Semelle\_2pieux\_RecoProf.txt) s'affiche bien dans la barre de titre de l'écran général.

Une fois le fichier de données chargé, vous pouvez vous rendre dans n'importe quel formulaire de données pour visualiser ou modifier ces dernières ou alors lancer directement le calcul.

### 3.1.2 A partir d'un nouveau fichier

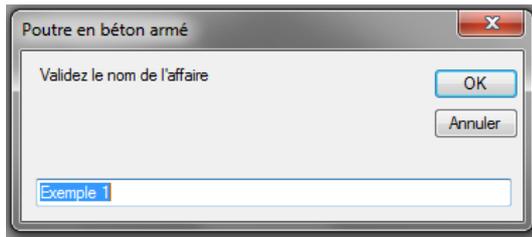
Vous voulez faire un calcul sur une nouvelle poutre. Dans ce cas et pour être sûr que toutes les variables internes au logiciel ont bien été réinitialisées, vous devez ouvrir un nouveau fichier.



Pour ce faire, cliquez sur le menu « **Fichier** » puis le sous-menu « **Nouveau** » (voir image ci-contre).

Vous pouvez faire la même chose en cliquant sur l'icône feuille blanche dans le menu « boîte à outil » qui se trouve sous la barre des menu (c'est plus rapide).

Après avoir cliqué, une boîte de dialogue s'affiche demandant le nom du fichier dans lequel seront sauvegardées les données renseignées (voir image ci-dessous).



Vous pouvez rentrer n'importe quel nom mais évitez les caractères spéciaux que Windows n'accepte pas dans les noms de fichiers et les espaces. Pensez toujours que ce nom est le nom sous lequel vos données sont sauvegardées. Essayez de lui donner un nom parlant : P4\_Niv2 plutôt que P3-12\_2008 (vous vous souvenez de la poutre que vous avez calculé le 3 décembre 2008 ?)

Cliquez sur OK et le nom du fichier va alors s'afficher dans la barre du formulaire. Ceci est un bon moyen mnémotechnique pour être sûr que vous travaillez sur le bon fichier.

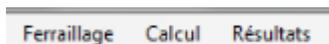
Vous n'êtes pas obligé d'appliquer cette procédure pour le 1<sup>er</sup> calcul après avoir démarré le logiciel.

Par contre, vous devez obligatoirement l'adopter pour tout nouveau calcul sous peine de bug logiciel ou de résultats erratiques par défaut de réinitialisation de variables.

Cette procédure oblige à renseigner en 1<sup>er</sup> le formulaire « Géométrie » car tous les autres formulaires découlent de celui-ci. Comment voulez-vous renseigner le mode de modélisation de la semelle si vous n'avez pas définie cette dernière ?

Le renseignement des autres formulaires peut se faire dans n'importe quel ordre.

## 3.2 Calcul



Pour lancer le calcul du poteau, vous devez cliquer sur le menu « **Calcul** » de l'écran général (voir image ci-contre).

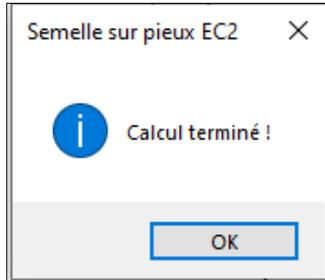
Le logiciel procède à une vérification de la cohérence des données ; exemple :, etc. ...

Si le logiciel ne détecte aucune incohérence, le calcul est lancé (attention, le logiciel est loin de vérifier toutes les incohérences possibles, à vous d'être méfiant et, éventuellement, de compléter les vérifications de cohérence, le code source fourni vous le permet).



Le calcul est effectué par le module `Calcul_Semelle_Pieux_EC2.vb` qui établit les dimensionnements et vérifications suivant l'Eurocode. Ce module détermine le ferrailage de l'élément calculé précédemment avec le choix automatique des armatures.

Cette organisation en module est uniquement pratique. Cela permet d'avoir des modules moins importants et donc plus facilement lisibles et modifiable.



Une fois le calcul terminé, un écran d'information s'affiche (voir ci-contre). Si des avertissements figurent dans la note de calcul, cet écran l'indique. Dans la figure ci-contre, aucun avertissement n'y figure, la note de calcul ne comporte pas d'avertissement.

Cliquez sur le bouton « OK » ou la touche « Enter » du clavier pour effacer cet écran et activer le reste du logiciel.

Le logiciel affiche alors, par défaut, le plan de ferrailage.

Vous pouvez cliquer sur le menu « Résultats » pour faire afficher d'autres résultats.

### 3.3 Résultats

Une fois le calcul terminé, le logiciel affiche automatiquement le ferrailage de la semelle. Le menu « Résultats » devient accessible et vous pouvez alors afficher les autres résultats (métré, note de calcul, etc. ...)

Afin de faciliter l'évaluation des calculs établis par le logiciel, la version actuelle propose 3 types de résultats :

- Le plan de ferrailage de la semelle qui peut être édité sur imprimante. Le plan est imprimé au format A4.
- La note de calcul détaillée au format rtf. La note de calcul s'affiche automatiquement dans l'éditeur que vous avez configuré par l'intermédiaire du menu « Outils » commande « Configuration du logiciel » onglet éditeur (voir chapitre [4.8.4 Onglet Editeur page 69](#))
- Le métré.

Il suffit de cliquer sur l'un des items pour faire afficher le résultat correspondant.

Voir le chapitre [5 RESULTATS page 72](#) du présent manuel pour plus de détail.



## 4 Formulaire et écrans

### 4.1 Organisation générale du logiciel

Avant tout, il est bon de rappeler les définitions suivantes :

- Un **formulaire** est un document interactif dans lequel l'utilisateur est invité à renseigner des données (hauteur de la dalle, valeur d'une charge, etc. ...). Pour aller plus vite et éviter d'augmenter le nombre de saisies, certaines valeurs sont déjà pré-remplies en fonction des indications que l'utilisateur a fait figurer dans la configuration générale du logiciel. Toujours pour faciliter la navigation à travers le logiciel, un formulaire regroupera toutes les thématiques concernant son objet. Ainsi, le formulaire « Matériaux » permettra de renseigner les caractéristiques du béton **et** de l'acier. Cela évite ainsi, d'avoir un formulaire béton et un formulaire acier et donc, moins de click à faire, et, en conséquence, une navigation plus aisée.
- Un **écran** est une feuille totalement passive : elle sert uniquement à informer l'utilisateur. Exemple : l'écran de présentation du logiciel, l'affichage du métré, etc. ....
- L'**Ecran Général** est un formulaire un peu particulier dans le sens où aucune donnée n'est renseignée à travers lui. Toutefois, il reste affiché en permanence et permet d'accéder à tous les autres formulaires. Il permet aussi le lancement des calculs et l'affichage des résultats.

Le logiciel est composé d'un menu général permettant l'accès aux 5 formulaires d'entrée des données, à la commande du calcul et, enfin, à l'édition des résultats sous forme d'écrans ou de fichiers (plans, note de calcul, métré, etc. ...).

Les formulaires d'entrées de données sont, dans l'ordre :

- Formulaire « Géométrie »
- Formulaire « Charges »
- Formulaire « Matériaux »
- Formulaire « Ferrailage »
- Formulaire « Modélisation »

Les résultats du calcul sont affichés sous forme d'écran sauf pour la note de calcul et le métré :

- Ecran « Dessin du ferrailage de la semelle »
- Note de calcul via l'éditeur de texte
- Métré de la semelle via l'éditeur de texte

Pour faciliter la saisie, le logiciel démarre avec des valeurs pré-établies. Ces dernières peuvent être conservées si le projet ne présente pas de caractéristiques différentes sinon, il suffit d'effacer ces valeurs.

Les chapitres suivants vont expliquer plus en détail chaque écran et chaque formulaire, ses particularités et ses limites.

Les exemples figurant au dernier chapitre, que je vous encourage à exécuter, permettent d'illustrer par la pratique, les éléments présentés dans ce manuel.



#### **Important :**

Le formulaire « Géométrie » doit toujours être renseigné en premier. En effet, suivant les éléments renseignés (semelle sur 1 pieu, ...), certains items seront demandés dans les autres formulaires ou pas.



## 4.2 Ecran général

Au lancement du logiciel, apparaît l'écran principal à partir duquel le logiciel établit le dimensionnement de la poutre en béton armé.

Cet écran reste en permanence affiché tant que le logiciel est fonctionnel.

Pour éviter de dérouter l'utilisateur, le logiciel reprend les grands principes de la programmation Windows, à savoir :

- Le menu Fichier regroupe tout ce qui traite de l'enregistrement, de l'impression, de nouveau fichier et enfin de l'arrêt du logiciel.
- Le menu Aide permettant l'affichage des différentes aides (manuels, exemples, etc. ...) et du numéro de version du logiciel
- Le menu Outils qui permet de faire appel à d'autres programmes externes au présent logiciel (calculatrice Windows, calculatrice BA, ...)

Cette page permet l'appel à tous les autres formulaires et écran par le biais du menu général.

Cette page se présente de la manière suivante lors de son lancement initial :

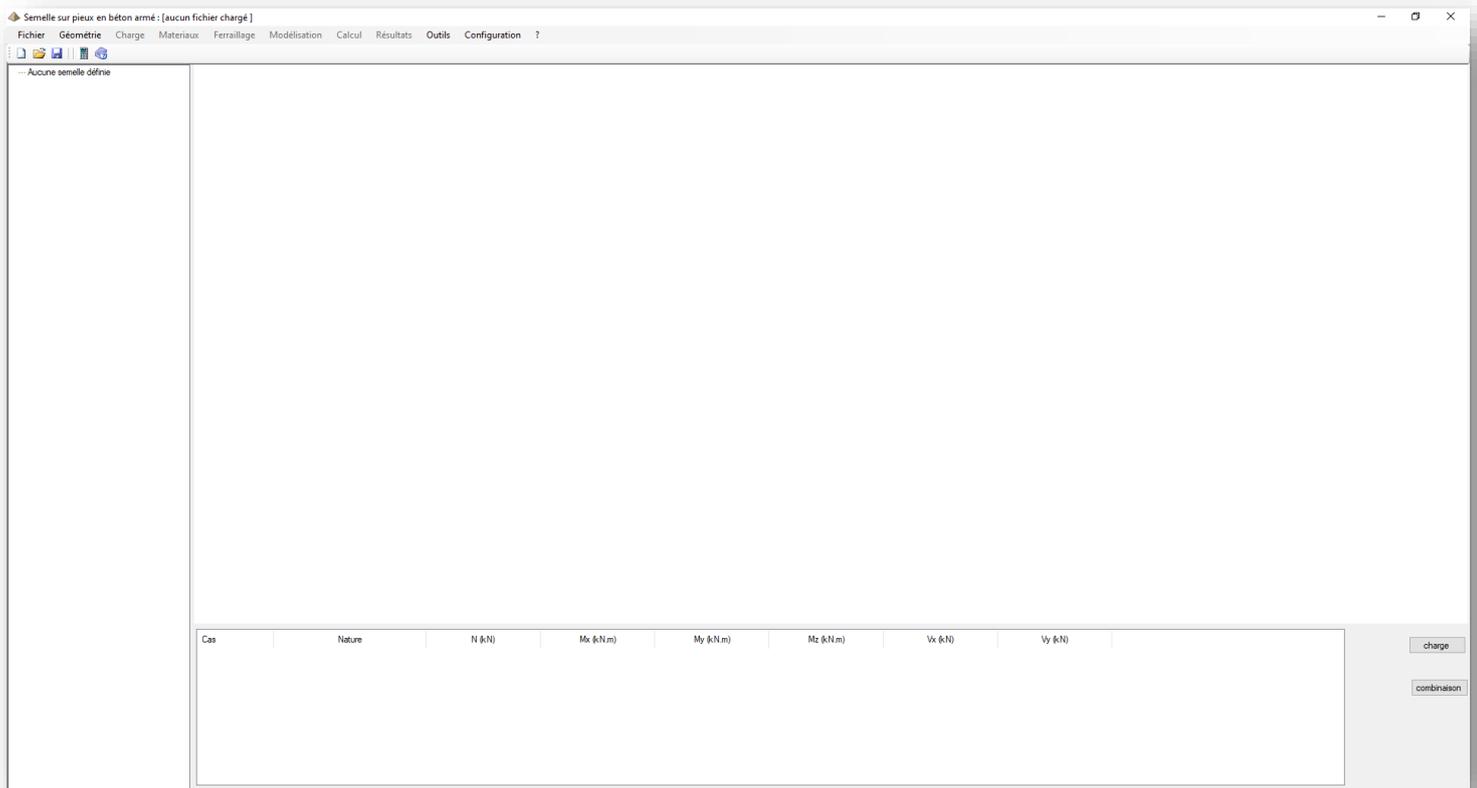


Figure 4-1 - Ecran général – état initial

L'écran général est composé d'un menu permettant la navigation dans le logiciel.

Ce menu est composé de différents items permettant d'accéder aux formulaires de renseignement, de lancer le calcul et enfin de faire afficher les résultats du calcul.



- **Menu » Fichier »** : fait apparaître le sous-menu suivant :
  - Nouveau : efface les données existantes et lance un nouveau calcul
  - Ouvrir dans un fichier existant : affiche un fichier de données préalablement enregistrées
  - Sauvegarder sous : sauvegarde dans un fichier dont vous spécifiez le nom, les données renseignées, évite de retaper des données si seulement quelques une changent...
  - Quitter : pour quitter le logiciel
- **Menu « Géométrie »** : Affichage du formulaire « Géométrie » pour indiquer les caractéristiques géométriques de la semelle, du poteau venant prendre appui sur cette dernière et des pieux la supportant – Voir §4.3 Formulaire Géométrie [page 41](#)
- **Menu « Charges »** : Affichage du formulaire « Charges » pour indiquer les charges et les combinaisons appliquées à votre semelle. En général le torseur d'efforts en pied de poteau – Voir §4.4 Formulaire [page 44](#)
- **Menu « Matériau »x** : Affichage du formulaire « Matériaux » - voir §4.5 Formulaire Matériaux [page 47](#)
- **Menu Ferrailage** : Affichage du formulaire définissant les dispositions pratiques retenues pour le ferrailage de la semelle – Voir §4.6 Formulaire Ferrailage [page 49](#)
- **Menu « Modélisation »** : Affichage du formulaire définissant les conditions diverses dans laquelle se trouve la semelle au titre de son environnement (exposition, ...) ainsi que de sa modélisation (méthode de calcul, ...) – Voir §4.7 Formulaire Modélisation Environnement [page 59](#)
- **Menu « Calculs »** : lance les calculs
- **Menu « Résultats » :**
  - Note de calcul
  - Plan de coffrage et ferrailage de la semelle
  - Mètre
- **Menu « Outils » :**
  - Calculatrice : Pour faire apparaître la calculatrice Windows
  - Calculette Section Aciers
  - Affichage de la barre d'outils et de la barre d'état.
- **Menu « Configuration » :**
  - Configuration du logiciel : affiche la configuration du logiciel (code de calcul retenu, éditeur utilisé, ...)
- **Menu ? :**
  - Aide : Affichage du manuel d'utilisation du logiciel, l'affichage s'effectue sous format pdf. Vérifiez que votre ordinateur possède un lecteur pdf.
  - A propos de ... : Affichage de la version logicielle.

Sous la barre de menus présentée ci-avant, se trouve la barre d'outils. Cette barre se présente sous la forme suivante :



Figure 4-2 - Barre d'outils

6 icônes figurent dans cette barre : « *Nouveau fichier* », « *Fichier existant* », « *Enregistrer le fichier* », « *Imprimer* », « *Visualisation avant impression* », « *Aide* ».

Certains icônes ne sont affichés qu'en fonction du formulaire actif. Ainsi l'impression ne s'affiche et n'est actif que lorsque des résultats sont affichés (plan de ferrailage, mètre).

Cette barre peut servir :

- De raccourci. C'est le cas pour les icônes « *Nouveau fichier* », « *Fichier existant* », « *Enregistrer le fichier* », « *Imprimer* », « *Visualisation avant impression* ». Cela évite d'avoir à aller dans le menu « Fichier », c'est plus rapide.
- Afficher le manuel du logiciel de manière plus rapide.



En dessous de la barre des menus et de la barre d'outils, l'écran est divisé en deux :

- Une partie gauche reprenant les caractéristiques renseignées sous forme d'un arbre de renseignement
- Une partie droite recoupé en 2 parties :
  - En partie supérieure, un écran graphique dans lequel s'affiche la géométrie de la semelle
  - En partie inférieure, un tableau qui affiche suivant le bouton sur lequel vous avez cliqué, soit les charges soit les combinaisons

Comme le montre la Figure 4-1 - Ecran général, lors de la mise en route du logiciel, la partie gauche n'affiche aucun élément ce qui est logique car aucune donnée n'a encore été renseignée et la partie droite est aussi vierge.

La figure ci-après montre l'état de l'écran général après renseignement de la géométrie de la semelle et des charges et combinaisons.

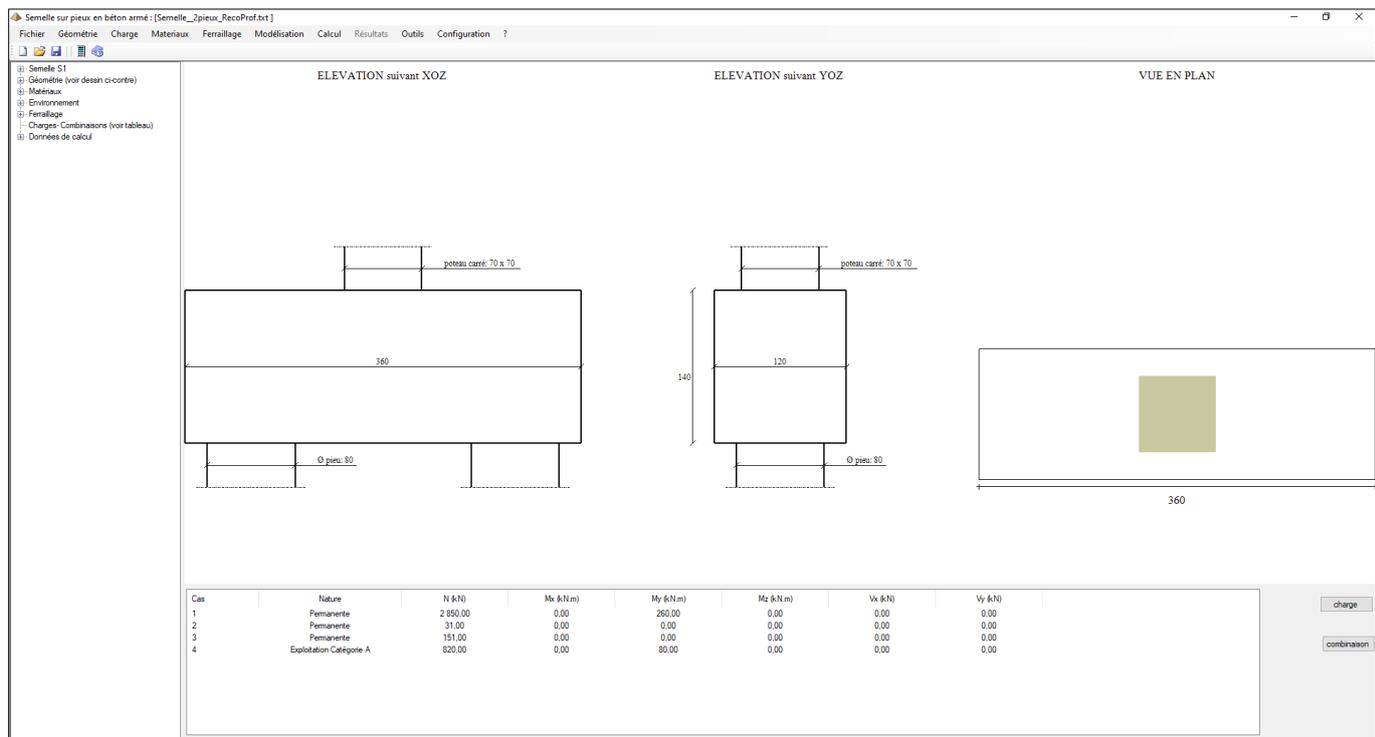


Figure 4-3 - Ecran général après renseignement

La liste déroulante sur la côté gauche de l'écran permet de faire afficher certaines caractéristiques de la semelle sans avoir besoin de revenir au formulaire spécifique.

Les 2 boutons sur la partie droite de l'écran, « Charges » et « Combinaisons », permettent d'afficher en partie basse de l'écran, soit les charges, soit les combinaisons.

## 4.3 Formulaire Géométrie

### 4.3.1 Généralités

Le formulaire "Géométrie" permet de renseigner la typologie et géométrie de la semelle sur pieu à calculer, à savoir :

- Typologie :
  - Semelle sur 1 pieu
  - Semelle sur 2 pieux



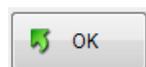
- Semelle sur 2 barrettes (non applicable dans cette version logicielle)
- Semelle sur 4 pieux (non applicable dans cette version logicielle)
- Géométrie de la semelle :
  - Longueur
  - Largeur
  - Hauteur

De plus, le logiciel a besoin de connaître les \_éléments venant prendre appui sur la semelle (poteau) et le ou les pieux sur lequel elle repose :

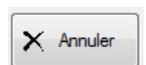
- Poteau
  - Type de poteau : poteau carré, rectangulaire ou circulaire.
  - Dimensions géométriques du poteau
  - Excentrement ou pas : dans la version actuelle, le poteau est réputé centré sur la semelle
- Pieux ou barrettes :
  - Dimensions géométriques
  - Entraxes

Le formulaire se présente sous la forme suivante (l'image ci-dessous est en partie trompeuse car elle affiche toutes les options. Or, certaines ne seront pas visibles suivant le choix de votre semelle à calculer. Ainsi, pour une semelle sur un pieu, vous ne verrez pas afficher les barrettes, l'entraxe des pieux, etc. ... ceci afin de rendre plus facile à lire le formulaire) :

Figure 4-4 - Formulaire Géométrie, visible sous cette forme en configuration de codage, avec tous ses champs..



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.



 **Important :**

Toutes les dimensions doivent être renseignées en cm et/ou arrondies au cm le plus proche. Sinon, il peut se produire des effets de bords avec l'arrondi des mm.

Le formulaire « Géométrie » doit toujours être renseigné en premier. En effet, suivant le modèle géométrique de semelle (semelle sur 1 pieu, semelle sur 2 pieux, ...), certains items devront être renseignés ou pas dans les autres formulaires.

### 4.3.2 Semelle de fondation

---

L'identification de la semelle sera le nom qui sera repris sur le plan de ferrailage, en entête du plan. Le nombre de semelles identiques sera aussi indiqué sur le plan.

Le logiciel ne prend pas en compte les mm pour les dimensions de la semelle, soit le 3<sup>ième</sup> chiffre après la virgule.

Ainsi, si le projeteur rentre une largeur de la semelle de 1, 258 m, le logiciel comptera une largeur de 1,25m.

La géométrie de la semelle est toujours renseignée dans le sens X. Ainsi, pour une semelle sur 2 pieux ou 2 barrettes, l'entraxe sera considéré dans le sens X.

### 4.3.3 Poteau

---

Le logiciel propose 3 modèles de poteau :

- Poteau carré
- Poutre rectangulaire
- Poteau circulaire.

Les éléments de coffrage du poteau doivent être renseignés en cm.

Comme pour la semelle, le logiciel ne prend pas en compte les mm pour les dimensions du poteau, soit le 3<sup>ième</sup> chiffre après la virgule.

Si le poteau est carré ou circulaire, bx et by sont identiques et seul le champ de texte a apparait. Cela évite de surcharger l'interface.

Le type de géométrie du poteau n'a pas d'influence sur le calcul. Il sert simplement à la représentation graphique du plan.

Dans cette version logicielle, le poteau est réputé centré sur la semelle.

### 4.3.4 Pieux

---

Pour une semelle sur 1 pieu, l'axe du pieu et l'axe du poteau sont dans le même alignement.

Distance entre pieux suivant l'axe X : valable uniquement pour une semelle sur 2 pieux

Distance entre pieux suivant l'axe X et suivant l'axe Y : valable uniquement pour une semelle sur 3 et 4 pieux. Cet item n'apparaîtra pas dans cette version logicielle.

### 4.3.5 Barrettes

---

**Non validé dans cette version logicielle**



Les caractéristiques du groupe Barrette n'apparaissent que si la coche « Semelle sur 2 barrettes » a été activée. Si cette dernière n'a pas été cochée, ce groupe n'apparaît pas car sans objet.

Même considération pour les côtes que pour la semelle.

#### 4.3.6 Formulaire configuration et modifications géométriques automatiques

Il est possible qu'à la suite de votre saisie, après avoir cliqué sur le bouton « OK », un écran de ce type s'affiche :

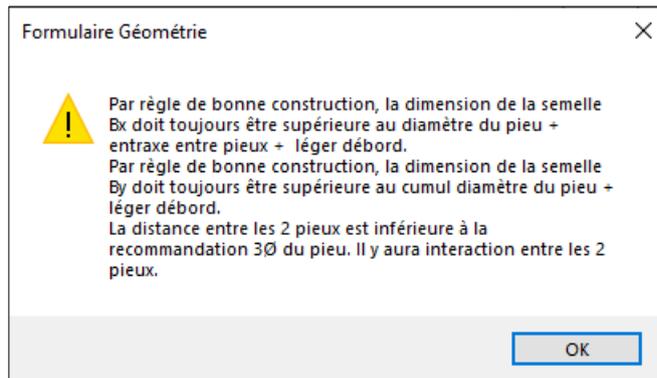


Figure 4-5 - Ecran d'information

Dans le cas ci-contre, l'écran indique que les dimensions Bx et By de la semelle ne satisfont pas les règles de bonne construction de la semelle. En l'occurrence, les dimensions Bx et By sont insuffisantes et le débord de la semelle par rapport au pieu ne satisfait pas les exigences indiquées dans le formulaire « [Configuration](#) », à l'onglet « [Éléments de calcul](#) ».

De même, l'écran indique que la distance entre pieux est insuffisante et qu'il y aura interaction entre les pieux. Et ainsi, une diminution de la capacité portante par pieu. Toutefois, ce point

n'affecte pas le calcul de dimensionnement de la semelle.

Le logiciel vous propose automatiquement les corrections correspondantes en fonction des valeurs que vous avez renseignées dans le formulaire « [Configuration](#) ».

Exemple dans le cas de l'écran informatif précédent :

Figure 4-6 - Correction automatique

Les valeurs géométriques ont été ajustées par le logiciel et apparaissent sur un fond vert comme le montre l'image ci-dessus.

## 4.4 Formulaire Charges et Combinaisons

Le formulaire se présente sous la forme suivante :

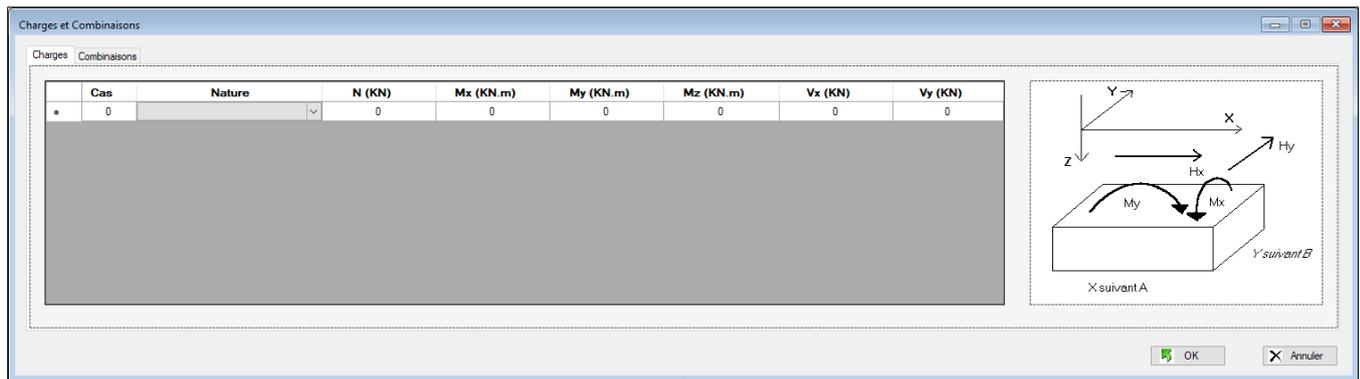


Figure 4-7 - Formulaire Charge et Combinaison

L'image figurant ci-avant, montre le formulaire vierge, sans aucun renseignement.

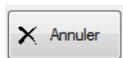
Ce formulaire présente deux onglets :

- L'onglet « [Charges](#) » qui permet de renseigner les charges appliquées à la semelle, via le poteau qui vient s'appuyer dessus et la possibilité de calcul automatique du poids propre de la semelle.
- L'onglet « [Combinaison](#) » qui permet de déterminer les combinaisons appliquées à la semelle en fonction des charges indiquées à l'onglet précédent.

Comme tous les formulaires, il comporte les boutons « OK » et « Annuler » dont la définition est rappelée ci-après :



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

### 4.4.1 Charges

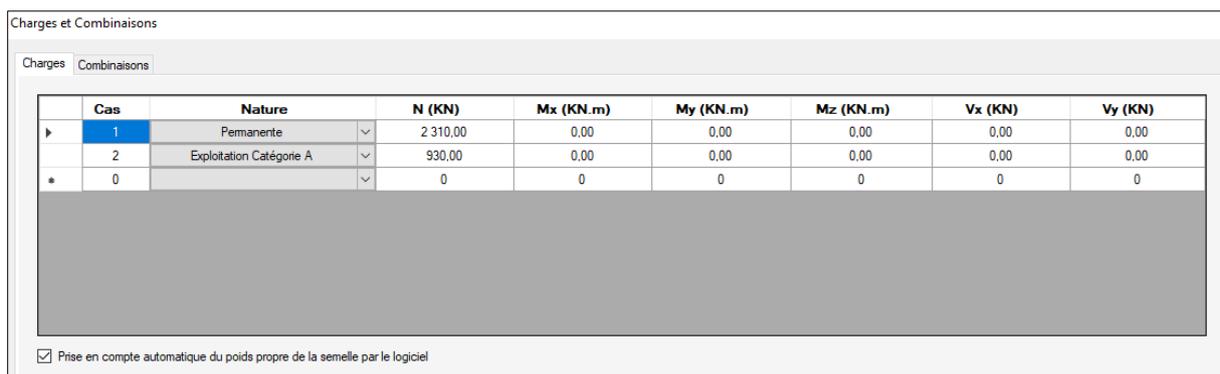


Figure 4-8 - Exemple de charges renseignées

L'exemple ci-dessus, montre la prise en compte d'un effort vertical composé uniquement d'une charge permanente et d'une charge d'exploitation de catégorie A. Le poids propre de la semelle n'est pas intégré dans la charge permanente (au choix du projeteur – [voir les différents exemples de validation](#)) et fera l'objet d'un calcul à part, directement par le logiciel.

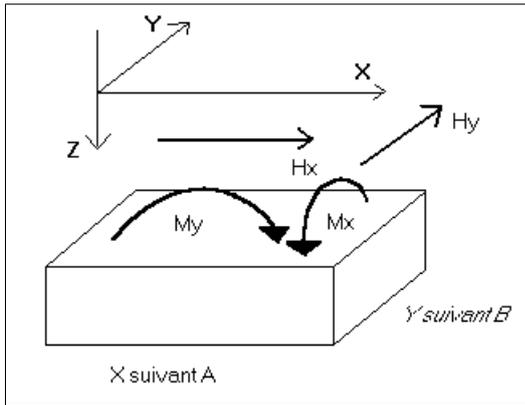


Figure 4-9 - Sens algébriques des efforts

L'effort normal est vertical et considéré comme positif s'il comprime la semelle (voir le sens de la flèche correspondante dans l'image ci-contre).

Les efforts qui s'appliquent sur la semelle, sont les efforts évalués en partie basse du poteau. Ainsi, les efforts horizontaux renseignés engendreront un moment sur les pieux avec pour bras de levier, la hauteur de la semelle. Ce moment complémentaire est automatiquement calculé par le logiciel.

Les efforts (moments et forces) doivent être indiqués algébriquement pour faire la corrélation avec le sens des flèches indiquées sur la figure ci-contre. Ainsi, un effort HX allant de la droite vers la gauche doit être indiqué négativement

et conduira à un moment dans la semelle à l'inverse du moment My sur la figure (il rajoutera de la compression sur le pieu gauche et de la traction sur le pieu droit).

Si vous avez un moment appliqué dans les 2 plans alors vous devez renseigner Mx et My. Pour une semelle sur 2 pieux, Mx correspondra à un moment de torsion de la semelle.

Pas de prise en compte de moment Mz : ils peuvent être affichés mais ne seront pas pris en compte dans les calculs.

**Attention :**

- Le logiciel peut prendre en compte, automatiquement, le poids de la semelle. Si vous souhaitez introduire cette dernière, vous devez valider la coche « Prise en compte automatique du poids propre de la semelle par le logiciel ». Cela permet de faire le distinguo entre la charge qui s'applique sur la semelle via le poteau et celle qui s'applique sur les pieux avec le poids propre de la semelle inclus. Le poids propre est automatiquement calculé par le logiciel et automatiquement ajouté aux combinaisons ELU et ELS. Voir §10.1.4 Exemple n°4 – Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant l'article 9.8.1(2) de l'Eurocode 2 page 91 pour la mise en œuvre de cette option.
- Le logiciel ne prend pas en compte le poids des éventuelles terres au-dessus de la semelle. Si vous souhaitez introduire ces dernières, vous devez renseigner celles-ci dans le formulaire « Charge » comme une charge permanente (voir exemple n°3).

### 4.4.2 Combinaisons

L'onglet « Combinaisons » se présente de la manière suivante :



Figure 4-10 - Onglet Combinaisons

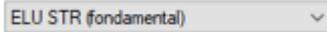


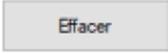
Pour naviguer d'une combinaison à l'autre, il suffit de cliquer sur les flèches :  

Pour ajouter une combinaison, il suffit de cliquer sur le bouton 

Pour supprimer une combinaison, il suffit de cliquer sur le bouton 

Pour indiquer le type de combinaison renseigné, vous devez renseigner l'Etat Limite via le bouton suivant :



Pour supprimer toutes les combinaisons renseignées, vous devez cliquer sur le bouton 

La première combinaison est obligatoirement à l'Etat Limite Ultime Structure sinon la combinaison sera rejetée par le logiciel.

Les autres combinaisons peuvent être renseignées dans n'importe quel ordre, le logiciel les reclassant automatiquement. L'ordre de calcul est le suivant :

- 1 : ELU STR (le terme fondamental n'existant plus au sens normatif du terme) : vérification de la résistance des matériaux (béton et acier)
- 2 : ELS caractéristique : calcul des contraintes

### **Générateur de combinaison :**

Le formulaire affiche un bouton « Générateur de combinaison ».

Le générateur de combinaison sert à la définition automatique des combinaisons ELU STR et ELS Caractéristique. Cela évite d'avoir à les renseigner de manière manuelle. Toutefois, il vous faudra vérifier qu'elles sont cohérentes vis à vis de votre modèle.

### **4.4.3 Limitations**

---

Pour rappel :

- $N_u > 0$ , pas d'effort de soulèvement de la semelle dans cette version logicielle.
- Pas de moment de torsion  $M_z$  appliqué à la semelle.

## **4.5 Formulaire Matériaux**

Le formulaire « Matériaux » se présente sous la forme suivante :



Figure 4-11 Formulaire Matériaux

Il concerne les renseignements suivants :

**Béton :**

- La classe de résistance : la résistance à la compression du béton est désignée par la classe de résistance conformément à l'EN 1992-1-1 art. 3.1.2 et à l'EN 206.1 La classe C25/30 désigne un béton de résistance caractéristique à la compression à 28 jours de 25 MPa sur cylindre et 30 MPa sur cube. Cette classe de résistance permet de déterminer à partir du tableau 3.1 de la norme, toutes les autres caractéristiques nécessaires au calcul béton armé.  
Pour rappel, le logiciel limite la classe du béton à C50/60. Au-delà, il vous faudra investir dans un autre logiciel. Désolé !!!
- Masse volumique du béton : prise égal à la valeur de 2100 kg/m<sup>3</sup>. Sert à l'établissement du métré. Cette valeur n'est pas modifiable dans cette version logicielle.
- Diamètre du granulat : ce champ permet de définir le diamètre du granulat maximum déterminant la valeur de l'enrobage, du mandrin, etc. ... Les diamètres de granulats sont normalisés.
- Classe du ciment servant à la confection du béton : cette information est nécessaire pour le calcul du coefficient d'équivalence n.
  - Classe R pour les ciments de classe de résistance CEM 42,5 R, CEM 52,5 N et CEM 52,5 R
  - Classe N pour les ciments de classe de résistance CEM 32,5 R, CEM 42,5 N
  - Classe S pour les ciments de classe de résistance CEM 32,5 N
- La nature du ciment :
  - Ciment CEM I sans cendre volante : ce dernier permet une minoration sur l'enrobage des armatures pour les classes d'exposition XC1 à XC4.
  - Autre type de ciment ...
- Le diamètre de l'aiguille vibrante : des valeurs normalisées sont proposées dans la liste déroulantes. Si aucune valeur ne convient, il suffit de dérouler complètement la liste déroulante et de cliquer sur « Autre ... ». Dans ce cas, un champ de texte apparait à côté de la liste déroulante et vous avez la possibilité de renseigner directement la valeur exacte du diamètre de l'aiguille vibrante que vous allez utiliser. Le diamètre de l'aiguille vibrante ne va pas au-delà de 70mm, on ne bétonne pas des barrages ! – Voir l'exemple n°2 ou une aiguille vibrante de diamètre plus petit a dû être sélectionnée pour éviter les avertissements du logiciel du défaut de passage de l'aiguille entre les armatures.



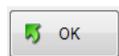
- L'espace réservé autour de l'aiguille vibrante : il s'agit de l'espace entre l'aiguille vibrante et la 1<sup>ère</sup> armature pour éviter lors de l'introduction de l'aiguille dans le coffrage, que cette dernière ne vienne taper sur une armature. Il faut donc laisser un espace pour permettre au maçon de mettre en place l'aiguille sans difficulté. L'attention est attirée sur le fait que cet espace est compté 2 fois : pour une aiguille de 30mm et un espace de 5mm, l'espace total vide à réserver au passage de l'aiguille sera donc de  $5 + 30 + 5 = 40$ mm. Il faudra donc que l'espace entre les armatures soit de 40mm minimum. Les données sur l'espace réservé et le diamètre de l'aiguille servent à vérifier les conditions de l'article 8.2(3) de l'EN1992-1-1.
- Les coefficients partiels  $\gamma$  applicables au béton pour les situations durables/transitoires et accidentelles. Ces coefficients ne sont pas modifiables dans la version en cours du logiciel.
- Le modèle rhéologique du béton : nécessaire à la vérification par les courbes d'Interaction. Modèle de comportement sous charge du béton. Cf. §3.1.7 de l'EN1992-1-1.

#### Acier :

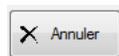
- Type d'armature : définit la résistance à la traction de l'acier ainsi que sa classe de ductilité
- Masse volumique de l'acier : prise égal à la valeur de  $7850 \text{ kg/m}^3$ . Sert à l'établissement du métré. Cette valeur n'est pas modifiable dans cette version logicielle.
- Les coefficients partiels  $\gamma$  applicables à l'acier pour les situations durables/transitoires et accidentelles. Ces coefficients ne sont pas modifiables dans la version en cours du logiciel.

Toutes les autres caractéristiques du béton, non renseignées dans ce formulaire, tel que résistance à la traction moyenne (=  $f_{ctm}$ ), etc. ... sont déterminées à partir du tableau 3.1. Le logiciel utilise exclusivement les valeurs tabulées.

Pour l'acier, il est fait référence au tableau C1 de l'annexe C de l'EN1992-1-1.



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

## 4.6 Formulaire Ferrailage

Le formulaire « Ferrailage » permet la prise en compte de modèles de ferrailage et armature que le projeteur souhaite voir appliquer à la poutre calculée.

Le formulaire se présente sous la forme d'onglets multiples. Lors de l'affichage initial du formulaire, l'onglet « Diamètres autorisés – Mandrins » s'affiche en premier comme le montre la figure ci-dessous.



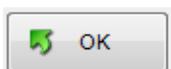
Stock disponible		Diamètre	Diamètre du mandrin de cintrage des aciers (m)		
Longitudinaux	Transversaux	(mm)	Longitudinaux	Transversaux	Coudés
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0		0.032	0.100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8.0	0.080	0.040	0.125
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0	0.100	0.050	0.160
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	12.0	0.125	0.063	0.200
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.0	0.160	0.080	0.200
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16.0	0.160	0.080	0.250
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20.0	0.200	0.100	0.320
<input checked="" type="checkbox"/>		25.0	0.250		
<input checked="" type="checkbox"/>		32.0	0.320		
<input type="checkbox"/>		40.0	0.400		

Figure 4-12 Formulaire Ferraillage – Affichage initial

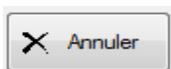
Il présente 3 onglets :

- Onglet « *Diamètres autorisés – Mandrin* » : permet de définir les diamètres d'armatures pouvant être utilisés ainsi que les mandrins correspondant.
- Onglet « *Caractéristiques* » : permet de définir les critères de choix pour la détermination du nombre de lits, le diamètre des barres HA et le nombre de barres par lit pour les armatures longitudinales.
- Onglet « *Ferraillage imposé* » : dans le cas où le projeteur souhaite imposer un ferraillage longitudinal ou transversal aux armatures du poteau.

Le formulaire est muni de 2 boutons :



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

Quand vous appelez le formulaire « Ferraillage », c'est toujours l'onglet n°1 qui apparait (voir figure ci-dessus).

#### 4.6.1 Onglet « Stock barres HA – Mandrins »

L'onglet « Diamètres autorisés - Mandrins » permet de sélectionner les diamètres d'armatures longitudinales et transversales ainsi que les diamètres de mandrin pour chaque armature.

Ces règles sont entièrement paramétriques et peuvent être modifiées aisément par le projeteur.

L'onglet se présente sous la forme suivante lors de sa première présentation avec les valeurs de base :



Stock disponible		Diamètre	Diamètre du mandrin de cintrage des aciers (m)		
Longitudinaux	Transversaux	(mm)	Longitudinaux	Transversaux	Coudés
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0		0,032	0,100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8.0	0,080	0,040	0,125
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0	0,100	0,050	0,160
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	12.0	0,125	0,063	0,200
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.0	0,160	0,080	0,200
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16.0	0,160	0,080	0,250
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20.0	0,200	0,100	0,320
<input checked="" type="checkbox"/>		25.0	0,250		
<input checked="" type="checkbox"/>		32.0	0,320		
<input type="checkbox"/>		40.0	0,400		

Figure 4-13 Onglet barres HA– Mandrin

Il est à noter :

- Les diamètres initialement autorisés pour les armatures longitudinales commencent à HA8 pour s'arrêter à HA32. Le HA40 n'est pas prévu en base. Vous pouvez modifier ceci via le fichier de configuration.
- Les diamètres initialement autorisés pour les armatures transversales commencent à HA6 pour s'arrêter à H12. Les HA14 à HA20 ne sont pas prévus en base (ce qui peut se comprendre !). Et les HA25 à HA40 ne sont pas disponibles.

Pour chaque diamètre, il suffit de cocher, ou pas, dans la colonne correspondante, si ce diamètre est retenu dans les aciers formant l'armature.

Cela peut s'avérer utile si l'armaturier ne dispose pas d'un diamètre précis. Ainsi, le logiciel réalisera le calcul sans ce diamètre.

Pour imposer le calcul avec des diamètres choisis, vous devez cocher les diamètres correspondants. Au moins un acier doit être coché sinon le logiciel refusera de valider le formulaire pour défaut de cohérence. Un avertissement sera affiché.

Le bouton « Valeurs par défaut » permet de rétablir les valeurs par défaut (**Non valable dans cette version logicielle**).

#### **Choix du diamètre pour l'armature longitudinale :**

Ce choix s'applique pour toutes les armatures longitudinales : les armatures en partie basse de la semelle, les armatures en partie haute de la semelle, etc. ...

Il n'y a pas de diamètre HA6 pour les armatures longitudinales puisque l'Eurocode impose un diamètre minimal de 8mm.

#### **Choix du diamètre pour l'armature transversale :**

Le logiciel propose plusieurs diamètres d'acier pour constituer les armatures d'effort tranchant. Cadres, épingles et étriers. Toutes ces armatures auront même diamètre.

#### **Choix du diamètre des mandrins :**



Les diamètres des mandrins sont renseignés pour chaque type d'armatures (longitudinal, transversal, ...) et pour chaque diamètre.

Dans la version actuelle, il n'est pas possible de modifier ces valeurs. C'est la raison pour laquelle le bouton « Rétablir les valeurs par défaut » n'a pas d'influence sur le formulaire.

#### 4.6.2 Onglet « Stock Treillis soudé - Mandrins »

**Non disponible dans cette version logicielle**

L'onglet se présente sous la forme suivante lors de sa première présentation avec les valeurs de base :

Stock disponible		Diamètre	Diamètre du mandrin de cintrage des aciers (m)		
Longitudinaux	Transversaux	(mm)	Longitudinaux	Transversaux	Coudés
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0	0.080	0.032	0.100
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8.0	0.100	0.040	0.125
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0	0.125	0.050	0.160
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	12.0	0.160	0.063	0.200
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.0	0.160	0.080	0.200
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16.0	0.200	0.080	0.250
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20.0	0.250	0.100	0.320
<input checked="" type="checkbox"/>		25.0	0.320		
<input checked="" type="checkbox"/>		32.0	0.400		
<input type="checkbox"/>		40.0			

Figure 4-14 Onglet barres HA- Mandrin

Formulaire non validé dans la présente version.

#### 4.6.3 Onglet « Modèle armatures de flexion »

L'onglet se présente de la manière suivante :

1 - Armatures longitudinales :

Espacement maximal des armatures longitudinales :  (cm) ?

Espacement minimal des armatures longitudinales :  (cm)

Distance entre l'arrêt de l'armature longitudinale et la surface du plancher en partie basse du poteau :  (cm) ?

2 - Armatures transversales :

Distance entre le dernier cadre et la sous-face du plancher :  (cm)

Distance entre le premier cadre et la surface du plancher :  (cm)

Disposition des épingles :

Aucune épingle

Epingles suivant côté A uniquement

Epingles suivant côté B uniquement

Epingles suivant côtés A et B

Figure 4-15 - Onglet "Caractéristiques"



Les dispositions de calcul des armatures transversales sont traitées au § **Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** page **Erreur ! Signet non défini. Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

#### 4.6.3.1 Cadre de ferrailage anti-éclatement

Le logiciel propose plusieurs modèles de cage de ferrailage :

Modèle	Nomenclature
	Modèle de cage constitué uniquement de cadres, sans renforts verticaux ni épingles
	Modèle de cage avec renforts verticaux uniquement sur les faces X sans épingles
	Modèle de cage avec renforts verticaux uniquement sur les faces X avec épingles
	Modèle de cage avec renforts verticaux uniquement sur les faces Y sans épingles
	Modèle de cage avec renforts verticaux uniquement sur les faces Y avec épingles
	Modèle de cage avec renforts verticaux sur les faces X et Y sans épingles
	Modèle de cage avec renforts verticaux sur les faces X et Y avec épingles

•

#### 4.6.3.2 Espacement maximal et minimal entre armatures longitudinales

<input type="checkbox"/> Espacement maximal des armatures longitudinales :	<input type="text"/>	(cm)
Espacement minimal des armatures longitudinales :	<input type="text"/>	(cm)

Figure 4-16 - Espacement barres longitudinales

Vous pouvez définir un espacement maximal entre armatures longitudinales, par exemple 40 cm. Ce qui signifie qu'au-delà de 40 cm, il sera placé une armature longitudinale.

C'est la raison pour laquelle cette condition est cochée car pour un poteau de 20x20 cm, cette condition ne s'appliquera pas.

Attention, cet espacement maximal permet aussi de fixer le **nombre minimum** d'armatures longitudinales par face.

Ainsi, pour un poteau 40x40, si vous indiquez un espacement maximal de 20 cm, vous serez assuré que chaque face disposera de 3 armatures longitudinales.



Pour un poteau 40x20 avec un espacement maximal de 20 cm, verra votre grande face avec 3 armatures longitudinales.

A contrario, il vous est possible définir un espacement minimal entre les armatures longitudinales. Le logiciel fixe un espacement minimal à 5 cm.

Pour des sections circulaires, le nombre maximal de barres longitudinales est limité à 12.

Si le positionnement voulu par le projeteur est plus conservateur que celui calculé, il conservera celui du projeteur en affichant un avertissement dans la note de calcul.

#### 4.6.4 Onglet « Armatures principales » - Limité au semelle sur 2 pieux ou sur 2 barrettes

Cet onglet est uniquement accessible pour les semelles sur 2 pieux ou 2 barrettes. Il ne concerne pas les semelles sur 1 pieu.

Il se présente de la manière suivante :

The screenshot shows the 'Armatures Principales' tab in the software. It includes several configuration sections:

- Disponibilité stock:** Options for 'barres HA' and 'Treillis Soudés'.
- Forme de treillis:** Radio buttons for 'Treillis soudés standard ADETS' (unselected) and 'quadrillage de Barres HA' (selected).
- Modèles de crochets:** Radio buttons for 'Retour d'équerre (angle=90°)', 'Ancrage à 135°' (selected), 'Ancrage à 120°', and 'Crochet normal (angle=180°)'. A diagram shows a hook with  $\theta = 90^\circ$ .
- Espacement des barres HA:** Input fields for 'Espace maximum entre barres d'acier' (30 cm) and 'Espace minimum entre barres d'acier' (10 cm).
- Dimension du mandrin de cintrage:** Radio buttons for 'valeurs affichées dans le 1er onglet 1 du présent formulaire' (selected), 'équation (8.1) de l'eurocode', 'série de la NF EN 13670', and 'série configurée'.
- Ancrage des armatures formant tirants:** Radio buttons for 'Ancrage au nu du pieu' (selected) and 'Ancrage à l'axe du pieu'. A diagram shows a bar anchorage.

Il demande au projeteur de renseigner 4 items :

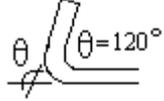
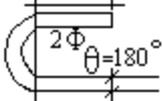
- Le modèle de crochet pour l'armature inférieure.
- Les espacements de barres. Cet item n'est pas affiché en cas d'utilisation de treillis soudés.
- La dimension du mandrin de cintrage utilisé.
- L'origine de l'ancrage.

#### Modèle de crochet :

Voici les modèles de crochets proposés par le logiciel :

Modèle de crochets	Forme
Retour d'équerre – Angle 90°	
Ancrage à 135° - Angle de 45° par rapport à l'horizontale	



Ancrage à 120° - Angle de 60° par rapport à l'horizontale	
Crochet normal - Angle de 0° par rapport à l'horizontale	

Espacement entre barre :

**Espacement des barres HA:**

Espacement maximum entre barres d'acier :  (cm) ?

Espacement minimum entre barres d'acier :  (cm)

**Figure 4-17 - Espacement entre armatures principales**

L'espacement entre barres est compté entre nu de barre et non entraxe de barre. Ainsi, 2 barres HA20 éloignées de 15 cm auront un espacement de 15 cm et un entraxe de 17cm. Le logiciel vérifie le 1<sup>er</sup> terme.

Caractéristique du mandrin :

Le logiciel laisse le choix au projeteur de la dimension du mandrin :

- Soit suivant la dimension tabulée à [l'onglet 1](#).
- Soit suivant la valeur minimale autorisée et vérifiée par la formule (8.1)
- Soit suivant la série de mandrin validée par la NF EN13670.

Voir le § 2.5.4.1 [Pour les armatures longitudinales page 32](#) de la présente notice pour plus de précision.

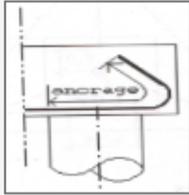
Origine de l'ancrage et prise en compte des armatures transversales se trouvant sur appui :

**Ancrage des armatures formant tirants :**

Ancrage au nu du pieu

Ancrage à l'axe du pieu

Prise en compte des cadres venant sur appui pour le calcul de l'ancrage



L'ancrage des armatures longitudinales se trouvant en partie basse de la semelle et formant le tirant, se définit via les éléments à cocher présentés ci-contre.

Il est aussi tenu compte de la prise en compte des cadres (et épingle ou étriers si présents) ou armatures secondaires suivant la méthode de calcul employé, pour définir la longueur d'ancrage des

**Figure 4-18 - Ancrage sur appuis**

armatures longitudinales sur appuis.

<b>Ancrage à partir du nu du pieu</b>	<b>Ancrage à partir du milieu du pieu</b>
---------------------------------------	---



<p>Le logiciel considère la génératrice intérieure du pieu comme le nu d'appui. Exemple : pieu de 60cm de diamètre et débord de 10cm, l'équivalent du nu d'appui sera à 70cm du bord de la semelle.</p>	<p>Le logiciel considère l'origine de l'ancrage à partir de l'axe du pieu. Exemple : pieu de 60cm de diamètre et débord de 10cm, l'équivalent du nu d'appui sera à 40cm du bord de la semelle. Avec le même exemple, il y a donc un décalage de 30 cm par rapport à la figure de gauche.</p>

L'origine peut être différente suivant la méthode de calcul utilisée :

- Au nu du pieu si utilisation de la méthode flexionnelle ou de la méthode BT
- Au nu du pieu si méthode des Recommandations Professionnelles
- A l'axe du pieu par la méthode flexionnelle du CEB suivant Maitrise du BAEL91 et des DTU associés

Le logiciel laisse libre choix au projecteur d'indiquer l'origine de l'ancrage.

Concernant la prise en compte ou pas de cadres sur appuis, cela permet de réduire le coefficient  $\alpha_3$  à 0,7 par le rôle de confinement joué par les cadres dans la formule de calcul de la longueur d'ancrage de calcul  $l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,req}$  (eq. 8.4 de l'EN1992-1-1). Toutefois, comme le logiciel prend aussi en compte le confinement par compression transversale ( $\alpha_5 = 0,7$ ) en raison de la mise en compression du pieu, la réduction reste relativement limitée, l'EN1992-1-1 limitant le produit  $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \geq 0,7$  (eq. 8.5 de l'EN1992-1-1). Au final, il ne sera pas possible de descendre en dessous du facteur 0,7.

#### 4.6.5 Onglet « Ferrailage transversal »

Cet onglet est uniquement accessible pour les semelles sur 2 pieux ou 2 barrettes. Il ne concerne pas les semelles sur 1 pieu.

Cet onglet se présente sous la forme suivante :



Figure 4-19 - Onglet Ferraillage transversal

Dans cet onglet, les termes aciers transversaux ou aciers secondaires sont considérés comme identiques et désignent les mêmes armatures.

Il demande au projeteur de renseigner plusieurs items :

- Valeurs des espacements entre cadres
- Dimension minimale du diamètre du cadre
- Dimension du mandrin de cintrage pour les aciers transversaux
- Modèle de ferraillage transversal

#### **Valeurs des espacements entre cadres**

Le projeteur doit indiquer 2 valeurs :

- La valeur minimale. En règle générale, une valeur de 9 ou 10 cm est une bonne valeur de départ.
- La valeur maximale. Pour certaines modélisations, il n'existe pas de valeur maximale. C'est vous qui la fixait.

Des valeurs sont déjà pré-renseignées, 10cm en valeur minimale et 45 cm en valeur maximale.

#### **Dimension minimale du diamètre du cadre :**

Pour avoir un diamètre de cadre cohérent avec le diamètre de l'armature principale. Ne pas se retrouver avec des cadres HA6 pour des armatures longitudinales HA40 !

Le logiciel propose les limites suivantes :

- Le tiers du diamètre de l'armature principale
- La moitié du diamètre de l'armature principale
- Sans aucun minima. A vos risques et périls !

#### **Modèle de cadre et d'armature intérieure :**

Dans la version actuelle, seul le cadre fermé avec retour à 135° pour les 2 brins est calculé.



L'armature intérieure peut prendre la forme d'épingle ou d'étrier. Il est aussi possible de ne pas avoir d'armature intérieure (3<sup>ème</sup> option ni épingle, ni étrier).

**Dimension du mandrin de cintrage pour les armatures transversales :**

Le logiciel offre le choix entre 2 séries

- Soit la série qui figure dans le 1<sup>er</sup> onglet du formulaire ferrailage où le logiciel indique, pour chaque diamètre d'armature et pour les 3 types d'armatures (longitudinales, transversales et barres bateaux par exemple), le diamètre du mandrin correspondant
- Soit un diamètre du mandrin conforme aux dispositions de l'article 8.5 de l'EN1992-1-1.

Le logiciel laisse le choix au projeteur de choisir entre ces 2 séries de valeurs.

Rappel de l'article 8.5 de l'EN1992-1-1 :

**8.5 Ancrage des armatures d'effort tranchant et autres armatures transversales**

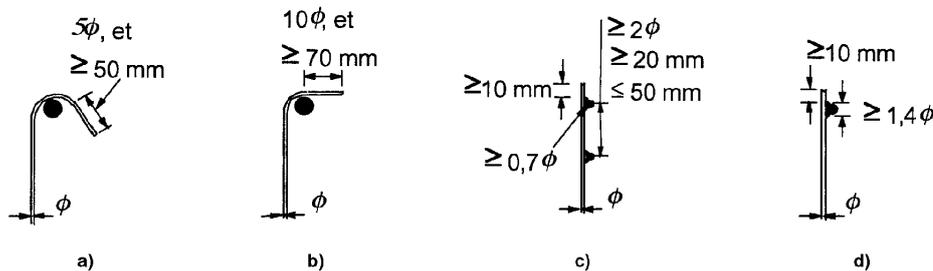
(1) Il convient normalement de réaliser l'ancrage des armatures d'effort tranchant et autres armatures transversales au moyen de coudes et de crochets, ou à l'aide d'armatures transversales soudées, en prévoyant une barre à l'intérieur du crochet ou du coude.

(2) Il convient que l'ancrage soit conforme à la Figure 8.5. Par ailleurs, il convient de réaliser le soudage conformément à l'EN ISO 17660, les soudures présentant une résistance conforme à 8.6 (2).

NOTE

Pour la définition des angles de courbure voir Figure 8.1.

**Figure 8.5 Ancrage des armatures transversales**



NOTE Pour c) et d), il convient que l'enrobage ne soit ni inférieur à  $3\phi$ , ni à  $50\text{ mm}$  si cette valeur est plus faible.

Pour éviter les poussées au vide, le logiciel utilise exclusivement la 1<sup>ère</sup> disposition.

**4.6.6 Onglet « Attentes »**

**Option non disponible dans cette version logicielle**

L'onglet « Attentes » permet d'insérer dans le plan de ferrailage de la semelle, :

- Les attentes du poteau.
- Les armatures provenant du ou des pieux

Cet onglet se présente de la manière suivante :



Figure 4-20 - Onglet Attentes des armatures Poteau et Pieux

#### 4.6.7 Onglet « Armatures imposées »

##### Non disponible dans cette version logicielle

L'onglet « Armatures imposées » permet d'effectuer le calcul béton armé de la semelle avec :

- Pour les aciers longitudinaux : le diamètre de barres imposés. Un seul diamètre pour l'ensemble des barres longitudinales.
- Pour les aciers transversaux : diamètre de barre imposé

Cet onglet se présente de la manière suivante :

Figure 4-21 Onglet Armatures imposées

Ainsi, si vous ne souhaitez pas suivre les préconisations du logiciel, vous pouvez imposer les diamètres d'acier. La note de calcul et les plans d'exécution d'ouvrage seront établis avec les diamètres imposés.

Cet onglet présente un intérêt pour vérifier un ferrailage.

Si vous utilisez cet onglet, il va de soi que tous les éléments renseignés dans l'onglet « Diamètres autorisés – mandrins » ne sont plus pris en compte par le logiciel.

## 4.7 Formulaire Modélisation Environnement

Ce formulaire peut se présenter de deux façons différentes suivant que la semelle de fondation repose sur 1 pieu ou sur 2 pieux :

Présentation semelle sur 1 pieu :



Figure 4-22 - Formulaire Environnement

Présentation semelle sur 2 pieux :

Figure 4-23 - Formulaire Modélisation - Environnement - Semelle sur 2 pieux

Ce formulaire comporte plusieurs onglets afin de définir plus précisément l'environnement de calcul de la semelle.

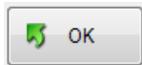
Ces onglets sont :

- ELU – Méthode de calcul : traite tous les aspects de modélisation de calcul de la semelle. Cet onglet est différent suivant que la semelle repose sur 1 pieu ou sur 2 pieux.
- Fluage : tous les aspects concernant le calcul du fluage (Non disponible dans cette version logicielle).



- Durabilité : attaque chimique, béton en ambiance marine, etc. ...
- Résistance sismique : traite tous les aspects de résistance sismique de la semelle (Non disponible dans cette version logicielle).

Comme tous les formulaires, il comporte les boutons « OK » et « Annuler » dont les fonctions sont rappelées ci-dessous :



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « **Enter** » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « **Echap** » du clavier produit le même effet.

## 4.7.1 Onglet ELU – Méthode de calcul

Cet onglet se présente différemment suivant le type de semelle :

- Semelle sur 1 pieu
- Semelle sur 2 pieux ou 2 barrettes

### 4.7.1.1 Semelle sur 1 pieu

Pour ce type de semelle, le logiciel propose 3 types de modélisations :

Ces modélisations sont présentées en détail à l'article [2.4.2 Semelle sur pieu unique](#) page 23 de la présente notice.

### 4.7.1.2 Semelle sur 2 pieux

Pour ce type de semelle, le logiciel propose 4 modes de calcul :



Méthode de calcul pour semelle sur deux pieux

Modélisation suivant application de l'article 9.8.1(2) de l'EN1992-1-1

Retenir la définition de l'article 5.3.1(3) pour qualifier la géométrie de la semelle

Modélisation suivant les Recommandations Professionnelles

Modélisation suivant modèle BT de l'Eurocode - Forçage de la Méthode

Modélisation suivant modèle Flexion de l'Eurocode - Forçage de la Méthode

Figure 4-24 - Modélisations proposées

caractéristiques géométriques de cette dernière (raison pour laquelle apparait l'expression *Forçage de la méthode* dans l'expression littérale de la case à cocher).

4 - Modélisation par application du modèle flexionnel pour la semelle sur pieux sans prise en compte des caractéristiques géométriques de cette dernière (raison pour laquelle apparait l'expression *Forçage de la méthode* dans l'expression littérale de la case à cocher) (**Non disponible dans cette version logicielle**).

Le détail de ces 4 méthodes est donné à l'article [2.4.3 Semelle sur deux pieux ou sur deux barrettes page 25](#) de la présente notice, auquel je renvoie.

Si vous cochez la 1<sup>ère</sup> méthode comme le montre l'image ci-dessus, le logiciel calculera la semelle suivant le modèle BT et suivant le modèle flexionnel. Puis il proratisera entre ces 2 dimensionnements suivant la rigidité de la semelle. Toutefois, vous devrez définir la limite d'une semelle flexible en cochant ou pas la coche « Retenir la définition de l'article 5.3.1(3) pour qualifier la géométrie de la semelle ». Voir article [2.4.3 Semelle sur deux pieux ou sur deux barrettes page 25](#) pour de plus amples explications.

Si votre semelle est classée comme rigide, cette méthode n'apporte aucun intérêt et vous pouvez cocher directement la méthode BT (méthode n°3) ou la méthode des Recommandations Professionnelles (méthode n°2).

Si votre semelle est considérée comme souple, vous pouvez cocher directement la méthode Flexionnelle (méthode n°4).

Pour les méthodes n°3 et n°4, il est indiqué « Forçage de la méthode » car en cochant l'un ou l'autre choix, le logiciel ne vérifie pas les conditions géométriques d'application des deux méthodes respectives.

Dans le cas où vous choisissez la méthode BT en cochant l'option 1 ou l'option 3, un cadre supplémentaire apparait :

Calage du modèle BT:

Le noeud sous le poteau est considéré comme confiné.

Effort de traction dans la bielle comprimée suivant équation 6.59 de l'EN1992-1-1:2004

Effort de traction dans la bielle comprimée suivant équation 6.59 modifiée

Effort de traction dans la bielle comprimée suivant équation 8.103 de la future EN1992-1-1

Figure 4-25 - Calage du modèle BT

de 10% dans le cas de l'utilisation de la méthode BT, pour le noeud sous poteau car l'angle entre les 2 bielles est toujours supérieur à 55°.

2 – le choix sur la formule de calcul de l'effort de traction dans la bielle comprimée, dans le cas où la bielle se trouve dans une région de discontinuité totale. En effet, la littérature indique une erreur dans la formule de l'équation 6.59 de l'EN1992-1-1 : 2004.

1 - Modélisation par application de l'article 9.8.1(2) : choix automatique entre les 2 modèles BT ou Flexionnel ou proratisation entre ces 2 méthodes dans la cas d'une semelle semi-flexible.

2 - Modélisation suivant les Recommandations Professionnelles :

3 – Modélisation par application du modèle Bielle Tirant pour la semelle sur pieux sans prise en compte des

1 - le choix du confinement ou pas de l'espace béton situé immédiatement sous le poteau : si des armatures le traversent, vous pouvez le considérer comme confiné ce qui augmentent la limite du taux de compression de 10%. Ce qui peut s'avérer intéressant si on se trouve en limite de valeur du taux de compression possible. Le fascicule de documentation FD P18-717 valide l'augmentation



**Modèles bielles tirants**  
**Comment interpréter la formule (6.25 b) ?**

Background:  
 Schlaich/Schäfer in Betonkalender 2001/2

→ Further investigations by FEM-calculations and improvement of the eq.:

$$T = \frac{1}{4} \left(1 - 0,7 \frac{a}{h}\right)^2 F$$

→ But also wrong (h vs. H)!  
 → Improved eq. (6.59) may be in a correct form:

$$T = \frac{1}{4} F \left(1 - \frac{0,7a}{H}\right)^2$$

A défaut d'appliquer la formule actuelle de l'Eurocode et dans l'attente de son évolution, on peut aussi retenir les conclusions de l'article du Beton kalender rappelée ci-dessus et la formule rectifiée suivante :

$$T = 0,25 F (1 - 0,7 a/H)^2$$

**Extrait - Avis Commission Suivi 4-1**

L'extrait ci-contre est tiré de la position du groupe de suivi de l'application de l'Eurocode 2 – Draft 11 du 28 septembre 2012.

Or, depuis septembre 2012, je n'ai vu aucune modification de l'article de l'Eurocode 2 modifiant cette équation.

Ce qui signifie, que réglementairement, on se doit d'appliquer une formule fausse !

Aussi, pour éviter cette absurdité, vous avez la possibilité en cochant la 2<sup>ème</sup> option, de passer par l'équation corrigée.

Le fascicule de documentation FD P 18-717 du 4 décembre 2013 fait référence à la même équation et M. Paillé dans son livre, présente aussi cette même équation pour mise en application.

Je pensais aussi pouvoir offrir le choix de la nouvelle équation remplaçant l'équation 6.59 qui sera utilisée dans la future EN1992-1-1, la prénorme étant sortie en septembre 2021 mais il manque des éléments pour pouvoir l'appliquer, certains coefficients n'étant pas définis. C'est la raison pour laquelle le 3<sup>ème</sup> choix qui apparait sur l'image ci-dessus ne figure pas.

### 4.7.2 Onglet Fluage

**Onglet non disponible dans cette version logicielle.**

Cet onglet se présente sous la forme suivante :

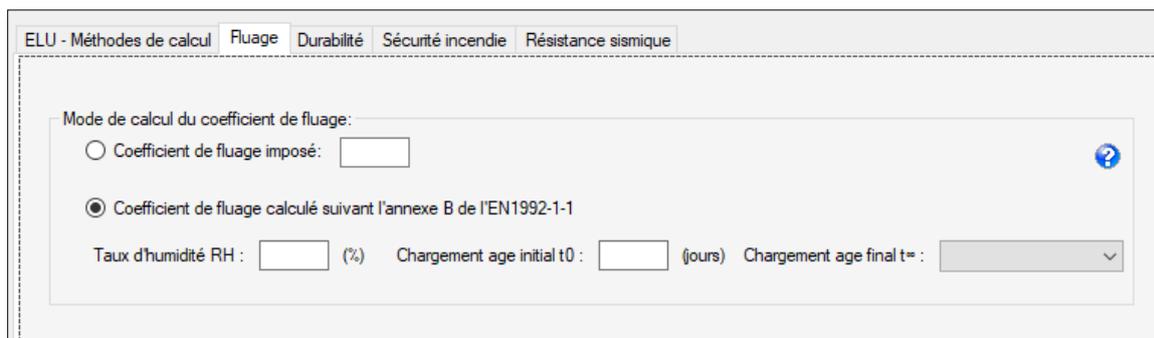


Figure 4-26 - Onglet Fluage

Le coefficient de fluage  $\varphi(\infty, t_0)$  peut être :

- Soit imposé : prendre une valeur de 2 pour un calcul à long terme. C'est la valeur qui prévalait lors des calculs au BAEL.
- Soit calculé suivant l'annexe B de l'EN1992-1-1

Dans le cas du calcul par l'annexe B, vous pouvez utiliser les valeurs suivantes :

- Taux d'humidité : prendre RH = 80% pour une poutre extérieure et 40 à 50% (GRAITEC recommande une valeur de 50%) pour une poutre intérieure (à majorer suivant occupation intérieure du bâtiment, si piscine prendre 80%)
- Chargement initial ; prendre soit 28 jours si vous prenez en compte que les charges permanentes, soit 100 jours quand le bâtiment est occupé et que vous prenez en compte les charges d'exploitation. Généralement, on prend une valeur de 28 jours.



- Chargement âge final : cet élément n'apparaît plus. La valeur est prise automatiquement à un temps infini. Voir § 2.2 Fluage page 21 du présent document pour obtenir toutes les informations.

### 4.7.3 Onglet Environnement - Durabilité

L'onglet se présente sous la forme suivante :

ELU - Méthodes de calcul | Fluage | Durabilité | Résistance sismique

Document CERIB ? ?

Classe d'exposition : \_\_\_\_\_

Durée d'utilisation du projet : [dropdown] Tolérance d'exécution  $\Delta C_{dev}$ : [10] (mm) [Ré-initialiser]

Corrosion induite par la carbonatation :

XC1 - sec ou humide en permanence  XC2 - humide, rarement sec  XC3 - humidité modérée  XC4 - alternativement humide et sec

Corrosion induite par les chlorures :

XD1 - humidité modérée  XD2 - humide, rarement sec  XD3 - alternativement humide et sec

Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer :

XS1 - Air marin  XS2 - Immergé  XS3 - Mamage, projections, embruns

Attaque gel / dégel :

XF1 - saturation modérée sans déverglaçage  XF2 - saturation modérée avec déverglaçage  XF3 - saturation forte sans déverglaçage  XF4 - saturation forte avec déverglaçage

Attaques chimiques :

XA1 - faible agressivité  XA2 - agressivité modérée  XA3 - forte agressivité

Forçage de l'enrobage nominal - enrobage latéral : [ ] (cm) enrobage inférieur : [ ] (cm) enrobage supérieur : [ ] (cm)

Mise en oeuvre d'un béton de propreté sous la semelle de fondation  Les faces de la semelle en tête de pieux sont coffrées

Figure 4-27 - Onglet Environnement - Durabilité

Le logiciel propose deux possibilités :

- Détermination automatique de l'enrobage par le logiciel. Pour cela, les données suivantes doivent être renseignées :
  - Classes d'exposition (XC, XF, etc. ...).
  - Durée d'utilisation de la structure : 10 ans, 25 ans, 50 ans (= durée normale pour bâtiment courant), 100 ans (durée pour ouvrage monumental, pont, etc. ...) – Voir tableau 2.1 de l'EN 1990 art. 2.3
- Entrer directement les valeurs de l'enrobage. Dans ce cas, les classes d'exposition ne sont pas renseignées. Option utile quand on veut faire un calcul comparatif.

Pour les classes d'exposition – quelques rappels pour les classes les plus courantes en bâtiment sinon voir AN clause 4.2:

- XC1 pour toutes les parties de bâtiment à l'abri de la pluie, que la partie soit extérieure ou intérieure
- XC2 : surfaces de béton soumises au contact au long terme avec l'eau, un grand nombre de fondations
- XC3 pour toutes les parties intérieures du bâtiment exposées à la condensation : buanderie, papèterie, piscine, etc....
- XC4 pour toutes les parties de bâtiment exposées à la pluie (voile extérieur par exemple)
- XS pour les bâtiments proches de la mer – Voir ANF clause 4.2(2) Notes
- XF pour les expositions au gel (Freeze) : le logiciel établit les correspondances suivantes (suivant ANF et cours Thonier) :
  - XF1 = XC4



- XF2 = XD3
- XF3 = XC4
- XF4 = XD3
- XA pour éléments de fondation sur sol agressif (voir rapport géotechnique), contact avec liquide agressif (porcherie pour contact avec lisier, ...), bâtiment de catégorie E, etc. ...Le logiciel établit les correspondances suivantes suivant le tableau 4.3 de l'ANF
  - XA1 = XD1
  - XA2 = XD2
  - XA3 = XD3
- Voir EN1992-1-1 art.4.2 et clause 4.2 de l'ANF pour les autres classes d'exposition

Le logiciel vérifie la classe de résistance du béton utilisé avec celle requise suivant les conditions d'exposition : application de l'annexe E, rendues normative par l'ANF. Dans le cas où la résistance est insuffisante, un avertissement figure dans la note de calcul.

Pour la détermination de la classe d'exposition, il peut être fait appel à la brochure « Les classes d'exposition » éditée par le CERIB et téléchargeable gratuitement sur le site du même organisme. Cette brochure s'affichera sous format pdf.

Le logiciel ne vérifie pas d'éventuelle incohérence entre les classes d'exposition.

**Mise en oeuvre d'un béton de propreté sous la semelle de fondation** Coche à activer si la semelle sur pieu est coulée sur un béton de propreté. Cela permet d'appliquer la clause 4.4.1.3(4) qui réduit l'enrobage minimum à 30mm au lieu de 65mm.

**Les faces de la semelle en tête de pieux sont coffrées** Coche à activer si les faces latérales de la semelle sur pieu sont coulées entre coffrages. Cela permet d'appliquer la clause 4.4.1.3(4) qui réduit l'enrobage minimum à 30mm au lieu de 65mm dans le cas d'un coulage du béton directement au contact du sol.

Le logiciel n'applique pas la clause de l'enrobage compact à la semelle de fondation.

#### 4.7.4 Onglet Résistance Sismique

---

L'onglet permet la prise en compte des prescriptions de l'Eurocode 8 suivant que la fondation se trouve en région sismique ou pas.

Cet onglet n'est pas actif dans l'actuelle version et est donc inaccessible.

## 4.8 Formulaire configuration du logiciel

### 4.8.1 Présentation générale

---

Ce formulaire est particulier dans le sens où il ne nécessite pas d'être renseigné pour chaque semelle calculée. En effet, il propose des choix pouvant être utilisé pour l'ensemble d'un chantier voire pour plusieurs chantiers.

Ce formulaire permet de configurer le logiciel suivant les préférences de l'utilisateur.

Les caractéristiques de la configuration sont sauvegardées dans le fichier  `cfg_SemellePieux_EC2.ini` qui se trouve impérativement dans le même répertoire que le fichier exe du logiciel. Le nom de ce fichier ne doit pas être modifié sous peine de perdre votre configuration personnelle.

Le formulaire se présente sous la forme suivante :

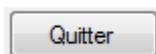


Figure 4-28 - Formulaire "Configuration du logiciel"

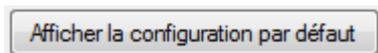
Ce formulaire présente plusieurs onglets :

- Onglet Général : fichiers de configuration du logiciel
- Code de calcul : Codes de calcul utilisés Eurocode 2 et Annexe Nationale
- Editeur : choix de l'éditeur pour l'affichage de la note de calcul
- Eléments de calcul : débords, tolérance d'implantation, etc. ...
- Eléments de dessin : éléments nécessaires au plan de ferrailage

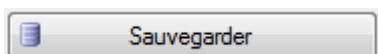
Commun à tous les onglets, il présente 3 boutons :



Permet de quitter le logiciel pour revenir à l'écran principal. Produit le même effet que cliquer sur la croix rouge en bordure haute du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet. **Attention : en appuyant sur le bouton « Quitter », vous n'enregistrez pas les éventuelles modifications portées à la configuration.** Si vous voulez prendre en compte les modifications apportées, vous devez d'abord enregistrer les modifications en cliquant sur le bouton « Sauvegarder » puis cliquer sur le bouton « Quitter » pour sortir du formulaire.



Affiche la configuration inscrite « en dur » dans le logiciel. Ainsi, en cas de manipulation malheureuse du logiciel, il est toujours possible de revenir à la configuration par défaut. Toutefois, pour la prendre en compte, vous devez de nouveau la sauvegarder puis cliquer sur le bouton « Quitter » pour sortir du formulaire.



Permet de sauvegarder la nouvelle configuration renseignée. **Si vous ne sauvegardez pas, toutes les modifications apportées à la configuration ne seront pas prises en compte.**

**En résumé :**

Ce fichier comprend les entrées suivantes :



- Le nom du rédacteur
- Le nom du chantier
- Le nom du répertoire de sauvegarde des notes de calcul
- Le nom du répertoire de sauvegarde des données
- Le choix de la prise en compte ou pas des Recommandations Professionnelles
- Le choix de l'éditeur : interne ou Word

## 4.8.2 Onglet Général

Cet onglet s'affiche sous la forme suivante :

Général Codes de calcul Editeur

Répertoire de sauvegarde des notes de calcul:

Répertoire par défaut - Répertoire du logiciel

Répertoire personnalisé

C:\users\documents\

Répertoire de sauvegarde des fichiers de données:

Répertoire par défaut - Répertoire du logiciel

Répertoire personnalisé

C:\users\documents\

**Rédacteur:**

LeFux\_Ingenierie

**Chantier:**

Exemple\_1

Figure 4-29 - Onglet Général

Cet onglet permet :

- De choisir le répertoire dans le lequel vont être rangées les notes de calcul
- De choisir le répertoire dans le lequel vont être rangées les fichiers de données décrivant la semelle à calculer.
- Le nom du rédacteur de la note de calcul
- Le nom du chantier en référence de la semelle calculée

Le bouton « Modifier » face à la case à cocher « Répertoire personnalisé » permet de pouvoir choisir le nouveau répertoire par simple click sur liste déroulante, suivant la méthode habituelle de Windows®. Il renseigne automatiquement le champ de texte figurant en dessous.

Les champs de texte se trouvant dans chaque paragraphe indique le répertoire choisi.

Si un champ de texte se termine par 3 petits points, cela signifie que le champ de texte n'a pas pu afficher en entier le texte complet de cheminement du répertoire.

Important :

Dans la version actuelle, il faut que tous les mots affichés dans les champs « Rédacteur » et « Chantier » se tiennent. Sinon, le logiciel ne retiendra que le 1<sup>er</sup> mot. Exemple : si vous écrivez « Exemple 1 » avec un blanc



entre exemple et 1, le logiciel n'affichera que le terme « exemple ». C'est la raison pour laquelle dans l'exemple ci-dessus, exemple et 1 sont reliés par \_.

### 4.8.3 Onglet Code de calcul

Cet onglet se décompose en deux parties :

- La partie supérieure rappelant les codes de calculs utilisés
- La partie inférieure précisant la norme d'exécution mis en œuvre pour la réalisation du pieu.

#### 4.8.3.1 Partie code de calcul

Elle s'affiche sous la forme suivante :

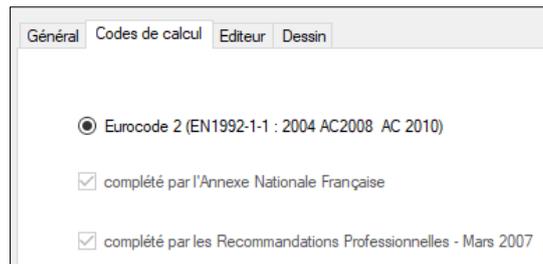


Figure 4-30 - Code de calcul

A titre de rappel uniquement, l'annexe Nationale française et les Recommandations Professionnelles sont automatiquement pris en compte.

#### 4.8.3.2 Partie norme d'exécution

Elle s'affiche sous la forme suivante :

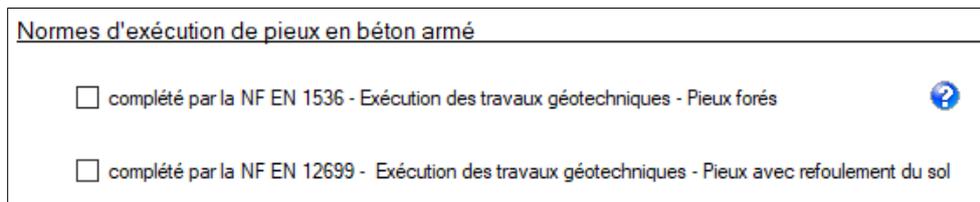


Figure 4-31 - Normes d'exécution

Vous devez cocher l'une ou l'autre option suivant le type de pieu réalisé :

- Option EN1536 si le pieu est réalisé à la tarière creuse.
- Option EN12699 s'il s'agit d'un pieu battu.

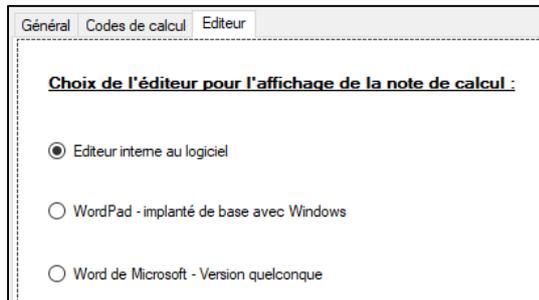
Les deux options ne peuvent être cochées simultanément en fonction des limitations du logiciel : un seul type de pieu autorisé, la semelle devant être symétrique.

Si aucune des deux options n'a été cochée, alors il ne sera pas pris en compte dans le calcul de dimensionnement de la semelle, des écarts de position des pieux (Cf. §2.3 [Prise en compte de l'écart de position page 21](#) de la présente notice).



#### 4.8.4 Onglet Editeur

Cet onglet s'affiche sous la forme suivante :



3 choix sont possibles :

- L'éditeur interne au logiciel. Il sera toujours accessible car inclus dans le logiciel.
- Le logiciel WordPad® de Microsoft qui est livré avec le système d'exploitation Windows et normalement installé avec ce dernier.
- Le logiciel de traitement de texte Word® de Microsoft, version indifférente.

Figure 4-32 - Affichage des éditeurs disponibles

Si vous cliquez sur « Word », vérifiez que ce traitement de texte soit bien installé sur votre ordinateur. Sinon, le logiciel indiquera une erreur.

La note de calcul est écrite sous format « rtf », format universel et libre de droit, affichable depuis n'importe quel traitement de texte prenant en charge le format rtf.

Le logiciel étant livré avec son code source, vous avez la possibilité de rajouter d'autres éditeur de texte comme « libreoffice », etc. ...

#### 4.8.5 Onglet « Eléments de calcul »

Cet onglet se présente sous la forme suivante :

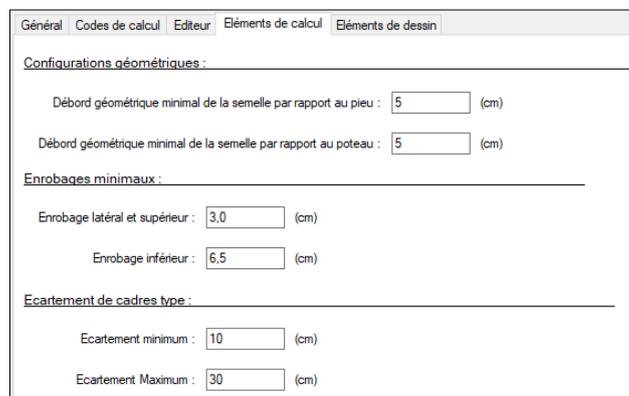


Figure 4-33 - Onglet éléments de calcul

Cet onglet permet de fixer plusieurs éléments de calculs qui peuvent être communs à l'ensemble des calculs de vos semelles comme :

- Le débord de la semelle par rapport au pieu et/ou au poteau
- Les enrobages minimaux
- Les \_écartements minimum et maximum type
- ....

Pour le débord de la semelle par rapport au pieu, le logiciel propose 2 choix :

- Soit l'application de l'EN1536, norme concernant l'exécution de pieux forés. Cette dernière prévoit les tolérances suivantes :



- 10 cm pour un diamètre de pieu <1m
- 10% pour un diamètre de pieu <1,5m
- 15 cm pour un diamètre de pieu >1,5m
- Soit une valeur libre : par exemple, une valeur égale à 15cm pour prendre en compte un minimum d'excentrement du pieu par rapport au poteau. Toutefois, ce débord peut être diminué comme le montre l'exemple ci-dessus afin de pouvoir calculer une semelle particulière (dans le cas de figure illustré ci-dessus, il s'agit de l'exemple de la semelle sur 1 pieu suivant le cours de Mr Thonier, voir validation n°1 – Exemple n°1).

Dans le cas où le débord serait moins important que ce que vous avez préconisé, le logiciel affichera un avertissement avant de lancer le calcul afin de valider le choix du débord. Cet avertissement n'est pas affiché si le débord est égal ou supérieur au débord minimum affiché dans cet onglet. Ces 2 débords servent, en quelque sorte, de garde-fou.

Ecartement type :

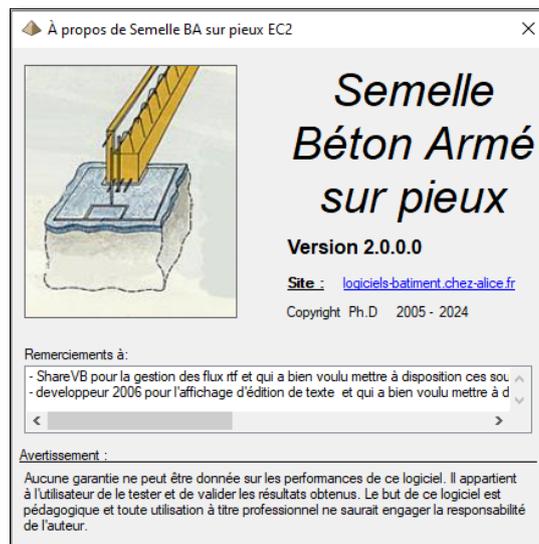
Cela évite, dans le formulaire ferrailage, de devoir renseigner à chaque nouvelle semelle, les espacements minimum et maximum.

## 4.9 Ecran « A propos... »

Cet écran est accessible via le menu « ? » et le sous-menu « A propos ... ».

L'écran « A propos... » indique le numéro de version du logiciel installé sur votre ordinateur.

Il se présente de la manière suivante :



### 4-34 - Ecran A propos

Le numéro de version est important pour connaître les fonctionnalités offertes. Ainsi, une fonctionnalité sera disponible dans la version N+1.0 mais pas nécessairement dans la version N.0. Toutefois, dans le présent cas, la version n°1 n'est pas compatible avec la version 2.0 et suivante. En effet, la version 1 était basée sur le BAEL, avec les données qui lui était propres et qui ne sont pas compatibles avec les données de l'Eurocode 2.

La notice vous indique, en général, à partir de quelle version, une fonctionnalité est disponible (cf §8.1 Fonctionnalités par version page 83)

Il est donc important de connaître la version du logiciel avec laquelle vous effectuez les calculs.



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

La 1<sup>ière</sup> année figurant à côté du copyright est la 1<sup>ière</sup> année de programmation du logiciel. Il est indiqué, ici, 2005 mais, en fait, le démarrage de l'écriture du logiciel est de décembre 2004, soit presque 20 ans au moment où je tape cette ligne ! Rassurez-vous, je n'ai pas mis 20 ans pour le développer, j'ai écrit d'autres logiciels entre temps (comme le site peut en témoigner) Mais la 1<sup>ière</sup> implémentation date de 20 ans.



## 5 RESULTATS

Le logiciel édite :

- Le plan de ferrailage de la semelle. Voir §5.2 [Plan de ferrailage ci-dessous](#) Plan de ferrailage
- La note de calcul détaillée de la semelle. Voir §5.1 [Note de calcul ci-dessous](#)
- Le métré du béton, de l'acier et du coffrage. Voir §[Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.](#)

Ces sorties sont accessibles via le menu « Résultats », en cliquant sur l'item vous intéressant (voir figure ci-dessous).

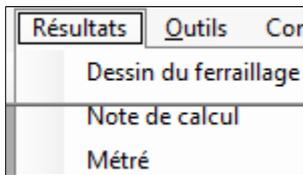


Figure 5-1 - Menu Résultats

Le métré figure aussi dans la note de calcul. Mais vous avez la possibilité, en cliquant sur la commande « Métré » de faire afficher uniquement le métré.

Les commandes « Note de calcul » et « Métré » activent l'affichage des items correspondant sous format de fichiers texte dans l'éditeur que vous avez sélectionné dans le menu « Configuration générale » soit l'éditeur interne soit le traitement de texte Word®.

### 5.1 Note de calcul

La note de calcul présente le détail de toutes les vérifications et tous les dimensionnements afférents à la semelle étudiée.

Le sommaire de la note de calcul est différent suivant la méthode de calcul utilisée soit du fait du projeteur soit du fait du logiciel.

#### 5.1.1 Exemple de sommaire : Semelle sur 2 pieux suivant la méthode des Recommandations Professionnelles

La note de calcul suit le plan suivant :

1. Rappel des hypothèses
  - 1.1. Code de calcul
  - 1.2. Caractéristiques géométriques du poteau
  - 1.3. Données sur les matériaux
  - 1.4. Autres données
  - 1.5. Chargement
2. Vérification des effets du second ordre sur le poteau
  - 2.1. Calcul de la longueur efficace et de l'élançement
  - 2.2. Calcul de l'élançement limite
    - 2.2.1. Calcul de  $\lambda_{lim}$  sur la base des coefficients A, B et C conservatifs de l'article 5.8.3.1(1)
    - 2.2.2. Calcul de  $\lambda_{lim}$  sur la base des coefficients A, B et C recalculés de l'article 5.8.3.1(1)
3. Détermination des armatures longitudinales par la méthode des Recommandations Professionnelles - Mars 2007
4. Raccordement du poteau à ses extrémités basse et haute
  - 4.1. En partie basse du poteau
  - 4.2. En partie haute du poteau
5. Détermination des armatures transversales
  - 5.1. En partie courante
  - 5.2. En partie basse du poteau



- 5.3. En partie haute du poteau
- 5.4. Répartition
- 6. Résistance au feu
- 7. Métré
- 8. Avertissements
- 9. Plans de ferrailage

### **5.1.2 Exemple de sommaire : Semelle sur 1 pieu suivant la Méthode Bielle et Tirant**

---

### **5.1.3 Exemple de sommaire : Semelle sur 2 pieux suivant la Méthode Bielle et Tirant**

---

La note de calcul suit le plan suivant :

- 1. Rappel des hypothèses
  - 1.1. Code de calcul
  - 1.2. Caractéristiques géométriques de la semelle
  - 1.3. Données sur les matériaux
  - 1.4. Autres données
  - 1.5. Chargement
- 2. Vérification des dimensions de la semelle et des efforts appliquées vis à vis de la modélisation adoptée
  - 2.1. Modélisation
  - 2.2. Dimensions et Efforts Appliqués
- 3. Vérification des contraintes aux nœuds
  - 3.1. Classement de la région d'épanouissement des bielles suivant art. 6.5.3
  - 3.2. Vérification au nœud sous poteau
  - 3.3. Vérification au nœud d'appui
- 4. Vérification de la contrainte de compression dans la bielle béton
- 5. Armatures inférieures de la semelle
- 6. Armatures supérieures de la semelle
- 7. Armatures de construction en partie basse de la semelle
- 8. Armatures secondaires de la semelle
- 9. Armatures secondaires transversales de la semelle
- 10. Contraintes sur la tête de pieu
- 11. Métré
- 12. Avertissements
- 13. Plans de ferrailage

### **5.1.4 Exemples de notes de calcul**

---

Je renvoie le lecteur aux exemples figurant sur le site, exemples qu'il pourra télécharger et dans lesquels figurent les notes de calcul.

Ces dernières sont rédigées suivant les sommaires indiqués ci-avant.

## **5.2 Plan de ferrailage de la semelle**

### **5.2.1 Eléments communs**

---

Le logiciel édite à l'écran et sur imprimante, le plan de ferrailage de la semelle calculée.

L'affichage se fait sous 2 formes :



- De suite après avoir lancé calcul si ce dernier n'a pas produit d'erreur fatale
- Après avoir cliqué sur le menu « Résultats » pour faire apparaître les différents sous-menus et de cliquer ensuite sur le sous-menu « Dessin du ferrailage ».

Afin de vérifier la conformité des ferrillages vis-à-vis de la norme NF A 35-027, les côtes figurant sur les plans respectent les points suivants :

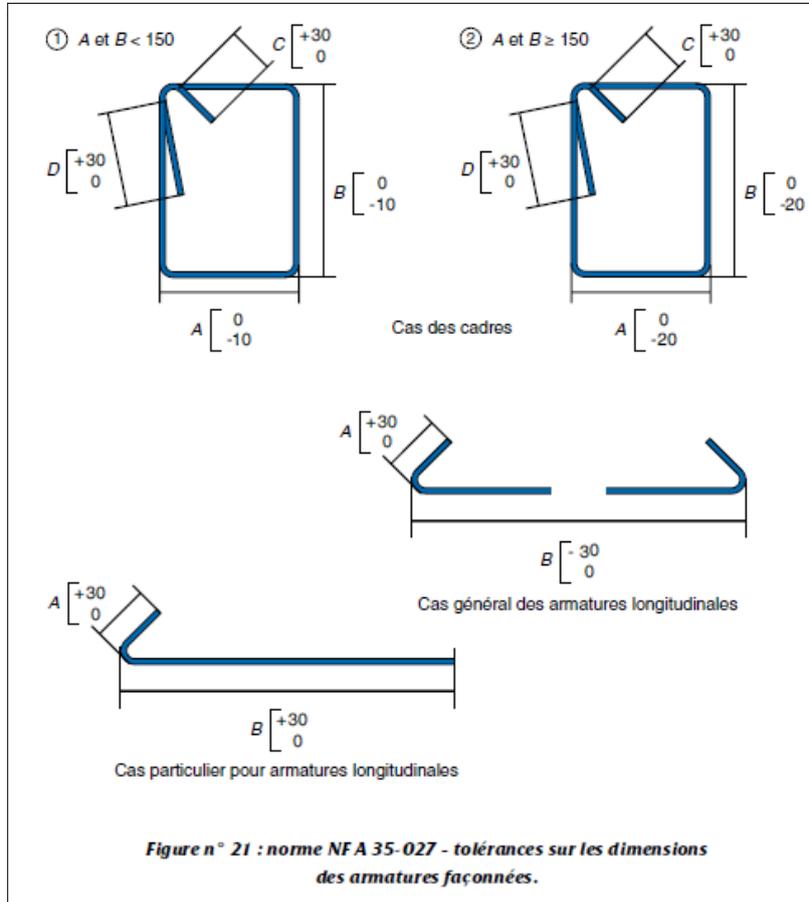


Figure 5-2 - Modèles de côtes (extrait du document L'armature du béton - Collection CIMBETON - T46 - 2012)

Ce dessin se présente sous les formes suivantes suivant le type de semelle :

- Semelle sur 1 pieu
- Semelle sur 2 pieux

Les deux sections suivantes présentent une copie écran de la présentation que réalise le logiciel pour ces deux types de semelle.

## 5.2.2 Ecran – Semelle sur un pieu

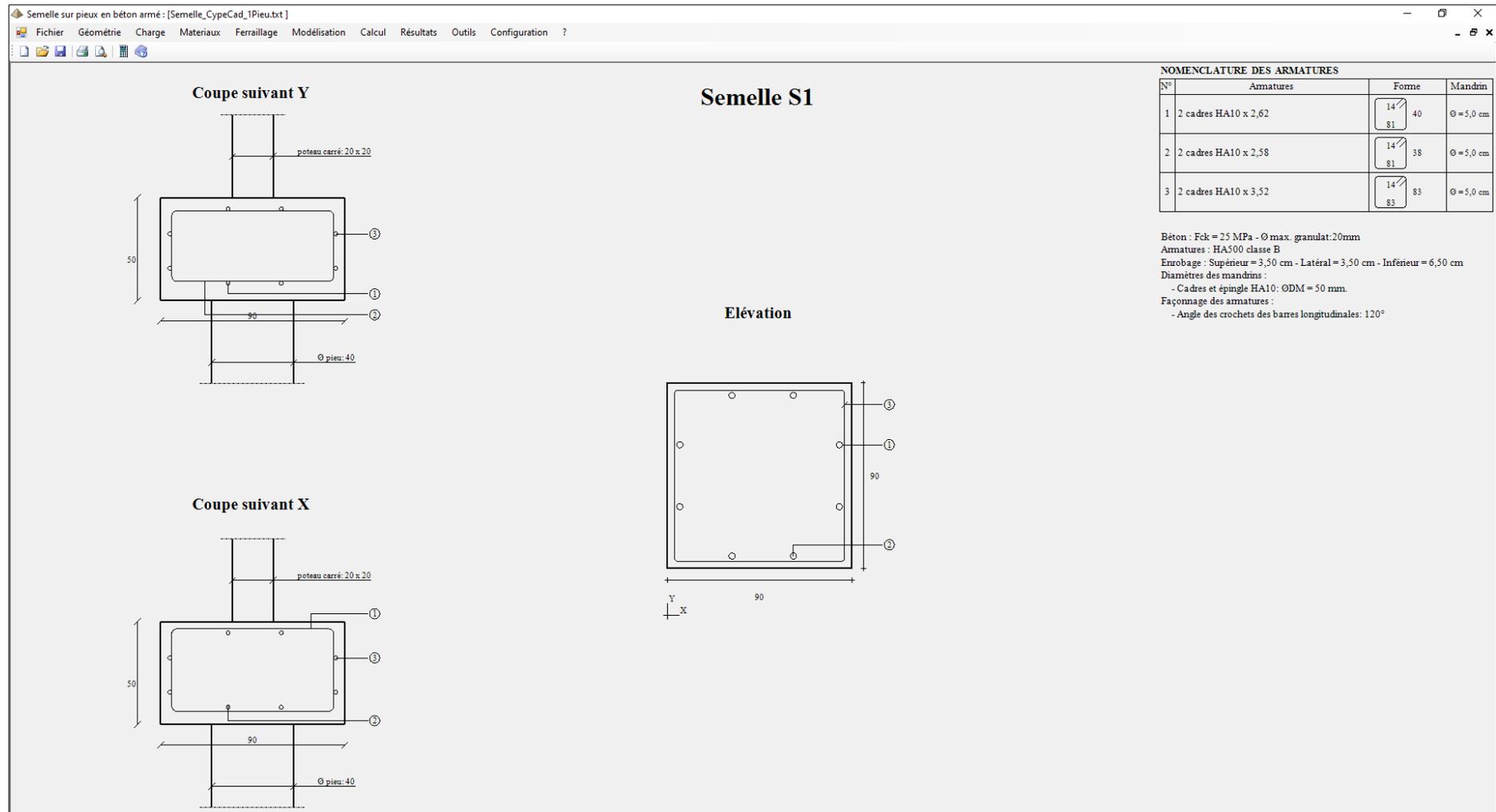


Figure 5-3 - Ecran du plan de ferrailage sur un pieu



### 5.2.3 Ecran – Semelle sur un pieu

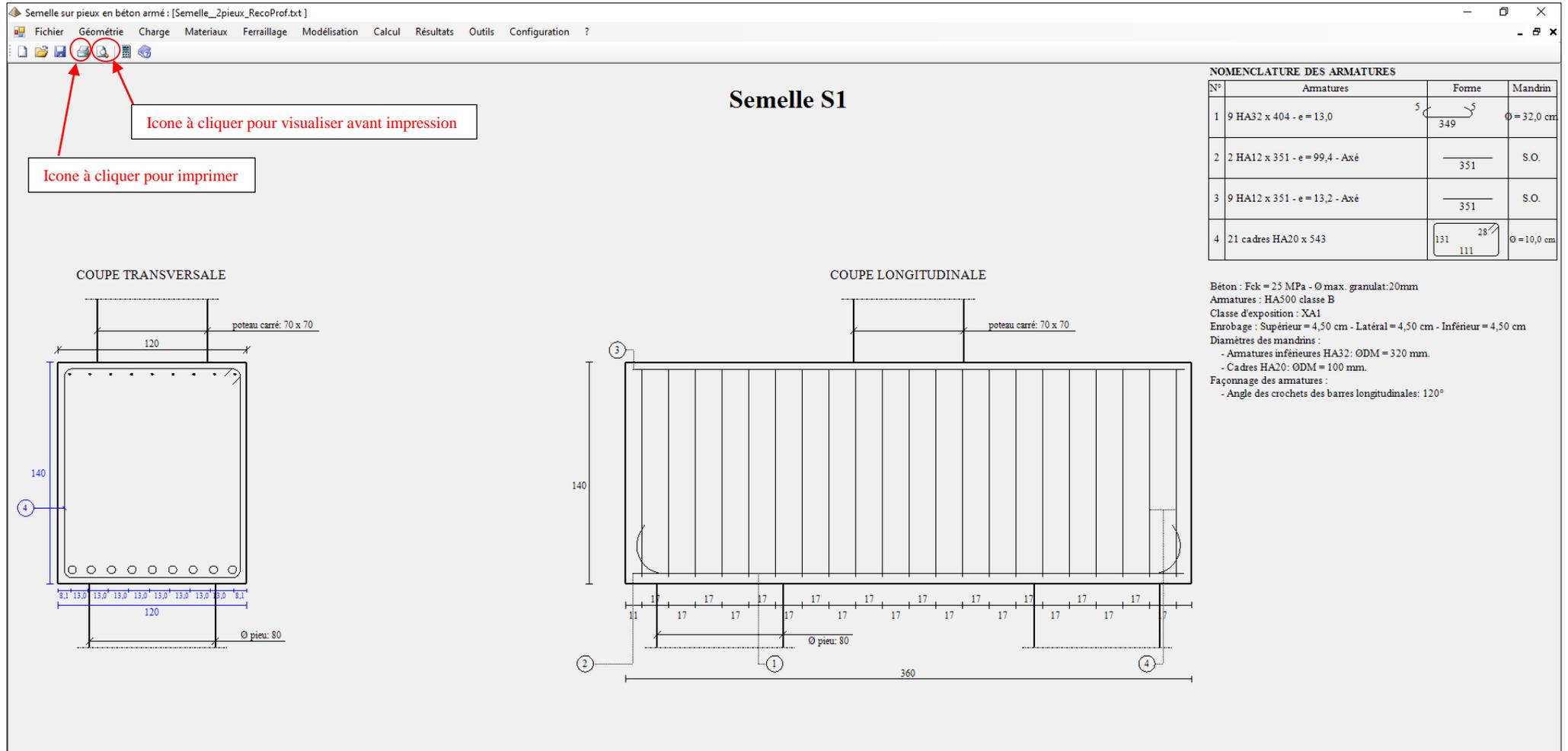


Figure 5-4 - Ecran du plan de ferrailage d'une semelle sur deux pieux

## 5.2.4 Composition des plans de ferrailage

Pour les semelles sur 1 pieu, le plan de ferrailage comprend :

- Une coupe en élévation
- Deux coupes transversales
- Un tableau récapitulant l'ensemble des armatures composant le ferrailage de la semelle affichée
- Un rappel des caractéristiques du béton, de l'acier, des enrobages, des mandrins, etc. ...

Pour les semelles sur 2 pieux, le plan de ferrailage comprend :

- Une coupe longitudinale
- Une coupe transversale
- Un tableau récapitulant l'ensemble des armatures composant le ferrailage de la semelle affichée
- Un rappel des caractéristiques du béton, de l'acier, des enrobages, des mandrins, etc. ...

La sortie sur imprimante permet l'impression du plan de ferrailage à l'échelle. Ce plan est composé de manière identique à celui exposé ci-dessus.

Il est possible d'imprimer le plan de ferrailage et le métré des différents constituants (acier, béton, coffrage) afin de constituer le Plan d'Exécution d'Ouvrage (PEO).

## 5.3 Métré

Le métré se présente sous la forme suivante (Exemple pour une semelle sur 2 pieux – Affichage avec l'éditeur interne) :

**Métré d'une semelle en béton armé sur deux pieux**

Métré du : 29\_08\_2024\_14\_49\_22  
Rédacteur : lefix\_ingenierie  
Chantier : a\_definir  
Logiciel : Semelle BA sur pieux EC2 - version 2.0.0.0 2002 - 2024

Quantitatif béton - coffrage - ferrailage - densité - masse

Semelle de fondation	Total
Béton - volume total (m3)	6,048
Coffrage – surface totale (m2)	13,440
Armatures – masse totale (kg)	538,6
Densité de ferrailage (kg/m3)	89,0
Masse totale (kg)	13 239,4

Quantitatif des armatures par diamètre HA

Diamètre barre HA	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Longueur (m)				38,61			114,03		36,32	
Masse (kg)				34,3			281,2		229,3	

Figure 5-5 - Affichage du métré



## Notice d'utilisation du logiciel SEMELLE BETON ARME SUR PIEUX

Les colonnes où ne figurent aucun affichage, correspondent aux diamètres barre ne figurant pas dans la semelle. L'exemple ci-dessus montre la présence des seules barre HA12, HA20 et HA32 dans la semelle.

L'affichage est légèrement différent si vous utilisez Word®.

Le métré figure aussi dans la note de calcul.

Pour les hypothèses prises en compte lors du calcul du métré, voir §7 [METRE page 81](#) du présent manuel.



## 6 Outils

Plusieurs outils sont accessibles depuis le menu général du logiciel (voir image ci-dessous).

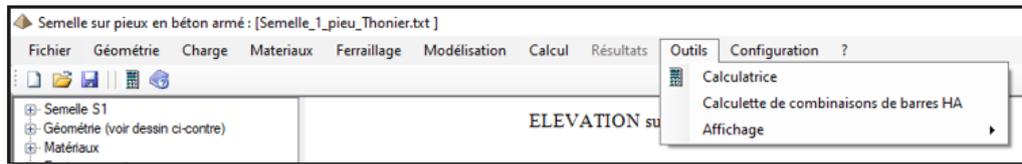


Figure 6-1 - Barre Outils

Cet item « Outils » donne accès à plusieurs aides/utilitaires :

- La calculatrice Windows (bien commode quand la sienne est tombée en panne de pile !!!)
- Calculette de combinaisons de barres HA : un petit utilitaire permettant le calcul de section d'acier en additionnant des dimensions de barres HA différentes. Voir §6.1 ci-dessous.
- Affichage : dans le cas où vous souhaitez supprimer la barre de menu d'accès rapide (intérêt limité)

### 6.1 Calculette combinaison barres HA

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 (cm <sup>2</sup> /ml)	Section transversale (cm <sup>2</sup> /ml)	Poids Total (Kg)
5,42	1,28	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 : 5,42cm<sup>2</sup> en section longitudinale et 1,28cm<sup>2</sup> en section transversale.

Figure 6-2 - Calculette combinaison section HA/TS

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

Cette calculette se trouve aussi sous forme indépendante, sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr/> dans la rubrique Logiciels>Ouvrages en béton>Section acier.

Son modèle indépendant porte le nom « Section Acier ».





## 7 METRE

### 7.1 Règles de calcul du métré

**Côtes de calcul :**

Les métrés sont établis à partir des côtes extérieures de la semelle, soit les côtes bx, by et h.

**Volume de béton**

Voir ci-dessus.

**Coffrage :**

Le coffrage correspond à la sommation des 4 parois latérales de la semelle.

**Densité et masse :**

La densité du béton est prise égale à 2100 kg/m<sup>3</sup>.

La densité de l'acier est prise égale à 7850 kg/m<sup>3</sup>.

La densité de ferrailage est prise égale au rapport masse totale des armatures par volume total du béton.

**Aciers – Longueurs et masse :**

Ce tableau permet, pour chaque diamètre, de connaître la longueur totale par travée ainsi que la masse.

Les armatures d'attente de raccordement vers le pieu ou le poteau ne sont pas intégrés dans ce tableau.

### 7.2 Affichage du métré

Au final, le logiciel présente deux tableaux de métré sous les formes suivantes :

Quantitatif béton - coffrage - ferrailage - densité - masse

Semelle de fondation	Total
Béton - volume total (m <sup>3</sup> )	
Coffrage – surface totale (m <sup>2</sup> )	
Armatures – masse totale (kg)	
Densité de ferrailage (kg/m <sup>3</sup> )	
Masse totale (kg)	

La masse totale est l'addition de la masse totale du béton employé (densité : 2100kg/m<sup>3</sup>) et la masse des armatures.

Quantitatif des armatures par diamètre HA

Diamètre barre HA	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Longueur (m)										
Masse (kg)										



Le métré est disponible sur deux documents :

- En fin de la note de calcul
- Sur un document texte indépendant, au format rtf. La sortie de ce document est générée en cliquant sur l'item « métré » du menu « Résultats ».

Voir, dans le document de validation (Exemple N°1), les notes de calculs se trouvant en fin du document *Semelle\_Pieux\_Exemple1\_Validation.pdf*, correspondant aux exemples n°1 et 2, pour une application pratique de ces tableaux.



## **8 Caractéristiques du logiciel**

### **8.1 Fonctionnalités par version**

#### **8.1.1 Version 2.0**

N° de version à partir de laquelle les calculs sont conduits **exclusivement** suivant les prescriptions de l'Eurocode 2 et de l'Annexe Nationale française et des Recommandations Professionnelles.

Tous les formulaires et écrans ont été réécrits complètement pour diverses raisons :

- Soit l'Eurocode exigeait des données complémentaires et pour des raisons de cohérence, le formulaire devait être modifié.
- Soit la suppression des variables générales suite à la reprogrammation suivant les paradigmes de la Programmation Orienté Objet, imposait de repenser le formulaire
- Soit d'autres raisons comme la recherche d'un meilleur enchaînement entre formulaires, une meilleure cohérence, une meilleure lisibilité, etc. ...

Gestion de la sauvegarde des données entièrement repris ce qui la rend incompatible avec les versions précédentes.  
Suppression des variables générales.

Le moteur de calcul est constitué d'un seul module, « Calcul\_Semelle\_Pieux\_EC2.vb », comprenant tous les éléments de calcul de béton armé, y compris le métré. Le moteur de calcul a été entièrement réécrit avec :

- Introduction des paradigmes de la programmation orienté objet ce qui rend les variables plus facilement compréhensibles et mémorisables
- Introduction des nouvelles méthodes d'analyse :
  - Méthode Bielle - Tirant
  - Méthode de la flexion
  - Méthode des Recommandations Professionnelles Mars 2007
- Mise à jour des conditions de raccordements du poteau avec le nouveau mode de calcul des longueurs d'ancrage et de recouvrement.
- Mise à jour des conditions de mise en œuvre des armatures transversales.
- Etc. ...

Apparition d'une note de calcul détaillée sous format rtf donc facilement éditable et modifiable depuis n'importe quel éditeur (Word™, Open Office™, Libre Office™, etc. ...).

Le seul élément commun entre cette version et les versions précédentes est l'organisation générale à savoir l'entrée des données, le calcul puis l'affichage des résultats. Cette démarche était cohérente et les évolutions règlementaires n'ont pas engendré de modifications majeures. Par contre, chaque phase a été profondément modifiée en raison de l'introduction du paradigme programmation objet et de la mise en conformité vis-à-vis de l'Eurocode 2.

Attention pour les puristes : le programme n'est pas en pur objet et ne respecte pas tous les attendus de cette programmation. J'ai fait un mixte entre la programmation structurée (ou procédurale) et la programmation objet. Je suis un « programmeur du dimanche », que les puristes veuillent bien me pardonner.

J'ai pris dans la programmation objet, tout ce qui facilitait le code et notamment, sa compréhension. Et ne plus avoir de variables générales mais que des classes à la place, cela rend le programme beaucoup plus facile à comprendre, surtout quand ces classes sont documentées (ce qui est mon cas !).



### 8.1.2 Version précédente

---

Il s'agissait de la Version 1.0, commencé en 2004 et considérée comme opérationnelle en 2005 / 2006. Elle était basée sur le règlement de calcul BAEL 99 et la littérature technique correspondante (Fascicule ADETS, Tome 2 de la série de M. Thonier, la série des deux ouvrages de M. Perchat et Roux). Autant dire l'obsolescence de de logiciel.

1<sup>ère</sup> version à partir de laquelle le logiciel est considéré comme fonctionnel. Ce qui n'exclut pas des erreurs ou des bugs de fonctionnement qui seront repris dans les versions ultérieures.

La version 1.0 a été écrite en VB.Net et sous réglementation BAEL99. Est conservé sur mon ordinateur à titre sentimental et aussi comparatif.

C'est un logiciel que j'avais développé sous Visual Studio 2005 et que je n'ai pas eu le temps de reprendre par la suite. C'est dire son ancienneté.

Ce programme sous règlement BAEL n'est plus développé ni maintenu depuis le basculement des règlements de calcul sous Eurocode. Il a été d'ailleurs supprimé du site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr/> car ne présentant plus, normalement, d'intérêt.

## 8.2 Améliorations du logiciel à venir

Les éléments suivant sont prévus dans les prochaines versions du logiciel (mais aucun délai n'est fixé !) :

- Formulaire « Géométrie » :
  - A voir si j'intègre un module d'équarrissage Ce module existait sur une version précédente de ce logiciel et lors de sa réécriture, ce module n'a pas été repris.
- Formulaire « Charge – Combinaisons » :
  - Pouvoir proposer un choix pour les unités de mesures – Exemple : les entrées de charges se fait en kN, on pourrait imaginer laisser le choix au projecteur de les entrer en kg, tonnes, daN, etc. ...
- Formulaire « Matériaux » :
  - Voir pour suppression de certains items afin de rendre le formulaire plus lisible. Pour des raisons de facilité de codage, j'ai repris le même formulaire que celui figurant dans le logiciel Poutre BA mais je n'ai peut-être pas besoin de tous ces items. A voir l'intérêt dans un souci de simplification.
- Formulaire « Ferrailage » :
  - Statuer sur l'onglet des Treillis soudés. A voir si possible de mettre en œuvre ce type de ferrailage alors que de prime abord, cela ne me semble pas apporter beaucoup de gain (à contrario du ferrailage de plancher par exemple).
  - Mettre en service l'onglet des diamètres imposés (en lien avec le moteur de calcul).
  - Mettre en service la partie Attentes armatures Poteau et Pieux pour le dessin et le moteur de calcul.
- Formulaire « Modélisation »
  - Offrir la possibilité d'intégrer la tolérance d'exécution
  - Avec la mise en œuvre du calcul par flexion, remettre en service l'onglet Fluage
- Moteur de calcul :
  - Calcul avec des diamètres de barres imposés
  - Intégrer dans le moteur de calcul, la conséquence de la prise en compte des tolérances d'exécution
  - Etablir une sortie du torseur d'effort sur le ou les pieux. Ce point est lié avec le point ci-avant ou, pour l'exemple d'une semelle sur 1 pieu, un excentrement d'implantation conforme à l'EN1536 va conduire à un moment supplémentaire en tête de pieu.
  - Calcul des semelles par flexion



- Calcul des attentes du poteau dans la semelle
- Dessin de la semelle :
  - Dessin des attentes du poteau dans la semelle
  - Dessin des armatures des pieux pénétrant la semelle

### 8.3 Paradigme de programmation

Les formulaires d'entrée de données ou d'affichage des résultats n'effectuent aucun calcul à part les transformations d'unité.

Ainsi, il est plus facile et usuel d'indiquer une charge en daN/m<sup>2</sup> qu'en MN/m<sup>2</sup>.

Toutes les unités sont conformes au système SI : KN, MPa, m, etc. ...

Tous les calculs sont effectués dans le moteur de calcul « Calcul\_Semelle\_Pieux\_EC2.vb » : calcul du ferrailage en béton armé suivant les prescriptions de l'Eurocode 2.

Les formulaires d'entrées de données ne réalisent que les calculs strictement nécessaires à la bonne formulation des données pour le moteur de calcul. Ainsi, pour une charge, s'il est plus commun de parler en tonnes, le logiciel demandera l'entrée des données en tonnes et les transformera en MN à l'usage interne du moteur de calcul, et ce, de manière transparente pour l'utilisateur.

### 8.4 Glossaire des variables

Ce chapitre permet à ceux désirant approfondir la connaissance du logiciel pour comprendre son fonctionnement, de préciser la signification de certaines variables.

Pour être le plus compréhensible, les variables prennent généralement le nom qui figure dans l'Eurocode. Toutefois, pour des raisons de répétition, d'indice ou autres, cela n'est pas toujours possible.

La version 1.0 avait été codée en suivant les paradigmes définissant la programmation structurée.

Les versions 2.0 et suivantes ont porté le logiciel en programmation orienté objet pour partie car tous les principes sont loin d'être respectés. Cette nouvelle façon de programmer a permis de rendre le logiciel plus lisible.

Pour faciliter la lecture du logiciel, les noms des variables reprennent autant que faire se peut, les noms canoniques figurant dans les équations ou les formules issues de la littérature ou de la réglementation.

Si la formule est trop longue, elle peut être coupée en plusieurs parties pour la rendre plus intelligible et plus facile à vérifier.

#### **Variables attachées aux armatures**

X1acier = abscisse origine à partir de laquelle l'acier commence son scellement. Par convention, 0 est pris égal au nu de l'appui gauche. X1acier(,,) doit toujours être positif ; lorsque le scellement est réalisé sur l'appui, X1(,,) est pris égal à 0 et les valeurs L1acier(,,), L2acier(,,), L3acier(,,) sont alors non nulles. Si la valeur L3acier(,,) est égale à 0, le lit d'acier n'est pas scellé sur l'appui.

X1acierLS = abscisse origine à partir de laquelle l'acier est totalement scellé.

X2acier = abscisse finale à laquelle le lit d'acier est arrêtée.

X2acierLS = abscisse finale à partir de laquelle le lit d'acier est totalement scellé.



X1acier(,),X1acierLS(,),X2acier(,),X2acierLS(,) servant au tracée des courbes des moments résistants et à la vérification des courbes enveloppes, par commodité ces valeurs sont prises égales ou supérieures à 0 (l'origine de l'abscisse étant le nu de l'appui) et inférieures ou égales à l(i1)

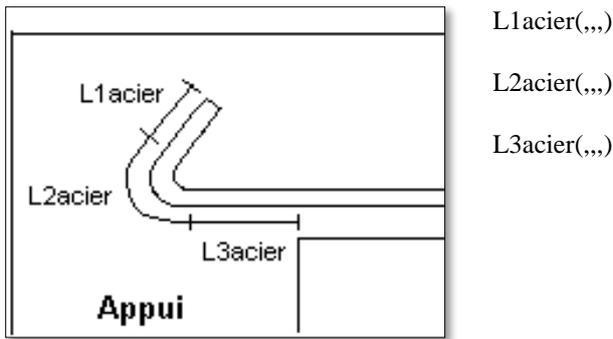
L1acier = longueur droite développé avant le crochet

L2acier = longueur développée sur la courbure du crochet

L3acier = longueur droite développé après le crochet. Si la valeur L3acier(,,) est égale à 0, le lit d'acier n'est pas scellé sur l'appui.

LacierTotal = longueur totale de l'acier sur appui = L1acier(,,)+ L2acier(,,)+ L3acier(,,)

Figure décrivant les valeurs correspondantes à :



Lacier1 = Lacier2 = longueur développé totale de l'acier

## 8.5 Structure du fichier de données

Le fichier de données est écrit et lu dans le module « General.vb » du logiciel.

Comme le programme est écrit sous paradigme objet, la sauvegarde des données et la lecture de ces dernières utilise la sérialisation des objets proposée par le framework .Net.

La sauvegarde est donc constituée d'un ensemble comportant un fichier texte qui va indiquer au programme, les objets sérialisés, et de 8 fichiers xml contenant les données des 8 objets sérialisés.

De base, tous ces fichiers se trouvent dans le répertoire « data ». Et, je vous invite, dans ce répertoire de créer autant de sous-répertoire que vous avez de calcul de semelle. Sinon, cela va vite ressembler à un vaste capharnaüm.

L'image ci-dessous représente un sous-répertoire dans a été sauvegardé l'ensemble des données d'une semelle : le fichier texte et les 8 fichiers xml correspondant aux objets sauvegardés.

Cette image est tirée de l'exemple n°4 pour la semelle sur 2 pieux calculée par la méthode d'interpolation, exemple qui figure dans le document de validation n°1 du présent logiciel. Vous trouverez ce document sur le site Web du logiciel.



Ensemble des fichiers au format xml générés par le logiciel

Fichier au format txt qui devra être chargé manuellement par le projecteur pour lancer le calcul de la semelle

Figure 8-1 - Ensemble des données sauvegardées



Seul le fichier sous format txt doit être appelé par le projeteur.

Dans l'image ci-contre, le projeteur chargera le fichier « Semel\_2\_pieux\_Bosc.txt ».

Les autres fichiers xml seront chargés automatiquement par le logiciel via le fichier .txt appelé précédemment. Si vous appelez un fichier xml directement, le logiciel plantera.

Les noms de ces fichiers xml figurent dans le fichier texte et ne doivent jamais être modifiés.

Si une erreur se produit en indiquant qu'un fichier n'a pas été trouvé par le programme, vérifiez en tout premier lieu que les fichiers indiqués dans le fichier texte se trouvent bien **tous** dans le même répertoire où se trouve le fichier txt.

Pour plus de précisions, voir le code de ce module pour comprendre l'arrangement des données dans le fichier de sauvegarde.

**A retenir :**

Si vous devez déplacer les fichiers de sauvegarde, il faut impérativement que le fichier texte (fichier avec la terminaison .txt) se trouve dans le même répertoire que les fichiers à terminaison xml.



## 9 Bibliographie

La conception du logiciel s'est appuyée sur les documents suivants :

Cours béton armé :

- Cours de M. Thonier – Fondations - semelles superficielles et semelles sur pieux – Juin 2010
- Cours de M. Capet – Ouvrages BA – IUT Béthune – 1984/1985

Normes et recommandations :

- L'EN1992-1-1 AC2008 AC2010 : 2004 et son Annexe Nationale Française d'octobre 2007
- Les Recommandations Professionnelles de mars 2007
- Le fascicule de documentation FD P 18-717 Eurocode 2 – Calcul des structures en béton – Guide d'application des normes NF EN 1992 – 4 décembre 2013
- 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
- L'EN1997-1 et l'EN1997-2 et son document d'application NF P94262

Livres pour l'ensemble du logiciel :

- [2] « Calcul des structures en béton » 2<sup>ème</sup> édition - JM Paillé - Edition Eyrolles – Afnor
- [3] « Dimensionnement des constructions selon l'Eurocode 2 à l'aide des modèles bielles et tirants – Principes et applications » 1<sup>ère</sup> édition – JL Bosc - Edition Presses de l'école nationale des ponts et chaussées.
- « Aide-mémoire des ouvrages en béton armé » - P. Guillemont – Edition Le Moniteur – Dunod – 2013
- « Traité de béton armé – A. GUERRIN – Tome 3 – Les fondations – 1967 – 4<sup>ème</sup> édition - DUNOD »
- [1] « Maitrise du BAEL91 et des DTU associés » - J. Perchat et J. Roux– Edition Eyrolles–2<sup>ème</sup> édition 2000

Pour des points particuliers :

- Pour l'application des Recommandations Professionnelles de mars 2007 :
  - Annales de l'ITBTP – Février 1967 – n°230 – Série : sols et fondations (57) – Semelles sur pieux  
Méthode de calcul, Compte rendu d'essais, Dispositions constructives – J. Blévoit et, R. Frémy

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

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

Ainsi, vos propres cours BA et Ouvrages BA 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.

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.



## 10 Validations et Exemples

Pour éviter un document trop lourd à exploiter, les exemples de calcul ne sont pas intégrés dans la présente notice. Chaque exemple fait l'objet d'une présentation à part, avec son propre fascicule et ses fichiers de données. L'ensemble est téléchargeable sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr> dans la rubrique du logiciel concerné.

Le site différencie chaque exemple et vous pouvez donc choisir de télécharger ceux qui vous intéressent.

Les exemples comprennent :

- Un document sous format pdf décrivant le cadre du calcul (caractéristiques géographique, dimensions géométriques, chargement, résistance au feu, etc. ...)
- Les fichiers de sauvegarde des données de l'exemple permettant de lancer le calcul depuis votre ordinateur, une fois le logiciel installé. Il comprend un fichier d'entête sous format txt et 5 fichiers sous format xml qui sont appelés par le fichier d'entête. Vous ne chargez que le fichier d'entête et le logiciel gère l'appel aux autres fichiers.

Un même exemple peut comporter plusieurs fichiers de sauvegardes suivant la prise en compte ou pas de différentes options comme la mise en œuvre ou pas de la redistribution, le coefficient d'équivalence, etc...

Un même exemple peut aussi comprendre plusieurs sous-exemples pour permettre la validation du logiciel, ce qui est le cas du 1<sup>er</sup> exemple ici, qui sert de validation.

Ces exemples sont tirés de la littérature ou de plans de bâtiment pour donner un côté un petit peu moins scolaire et un peu plus professionnel.

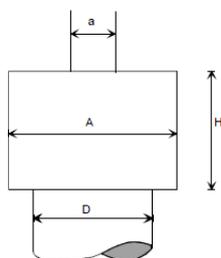
### 10.1 Validation n°1 - Exemples multiples figurant dans la littérature technique

#### 10.1.1 Exemple n°1 - Semelle sur 1 pieu suivant la méthode de la semelle sur rocher

Cet exemple est issu du cours de Mr Thonier sur les semelles sur pieux - juin 2010 page 48 et suivantes.

Les caractéristiques de la semelle sont les suivantes :

- Dispositions géométriques :



Poteau carré  $a \times a = 40 \times 40$  cm venant prendre appui sur la semelle de manière centrée, à la tolérance d'exécution près.

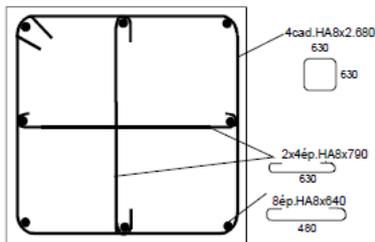
Semelle carrée de  $A = 70$  cm de côté - hauteur  $H : 55$ cm

Pieu unique de diamètre 60 cm centré

- Matériaux :
  - Béton :  $f_{ck} = 30$  Mpa : classe ciment N (normal)
  - Acier :  $f_{yk} = 500$  Mpa
- Charge :
  - Effort normal de compression :
    - Permanent : 1401 KN



- Exploitation : 477 kN
- Efforts :
  - ELU Str :
    - Nu : une charge totale pondérée de 2,12085 MN (1.35G + 1.5Q) pour 2,12MN pour Mr Thonier mais cela ne change pas la valeur des calculs
    - Moments : 0
  - ELS Quasi-Permanent :
    - Ns : 1878 KN
    - Moments : 0
- Autre :
  - Classe d'exposition : XC3
  - Résistance au feu : aucune
- Ferrailage en vue de dessus, proposé par l'auteur de l'exemple :



2 épingles internes perpendiculaires, disposées horizontalement, servant à la reprise de l'effort de traction que subie la bielle comprimée. Epingles en HA8.

Les cadres sont constitués en HA8 et reprennent aussi l'effort de traction.

Les épingles verticales en HA8 ne servent que d'armatures de construction, pour la tenue et écartement des cadres et épingles horizontaux.

Il est à noter que l'auteur ferraille avec la même armature, HA8, afin de garder un caractère homogène à son ferrailage, et faciliter l'approvisionnement du chantier avec une seule armature.

### 10.1.2 Exemple n°2 - Semelle sur 1 pieu – Dimensionnement suivant la méthode de la bielle unique comprimée

L'exemple est tiré d'une vidéo figurant sur le site Internet Youtube et présentant le module fondation du logiciel Cypecad™.

Dans cet exemple, le logiciel Cypecad™ utilise la méthode Bielles – Tirant en ramenant la semelle de fondation à une bielle comprimée comme proposée par l'Eurocode 2 à l'article 6.5.3.

Les caractéristiques de la semelle sont les suivantes :

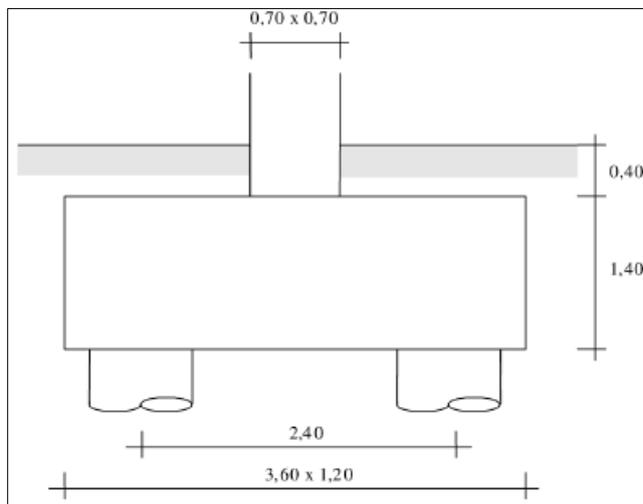
- Dispositions géométriques :
  - Poteau carré 20 x 20 cm venant prendre appui sur la semelle de manière centrée.
  - Semelle carrée de 90 cm de côté - hauteur : 50cm
  - Pieu unique de diamètre 40 cm centré
- Matériaux :
  - Béton : C25/30 : classe ciment N (normal)
  - Acier :  $f_{yk}=500$  Mpa
- Charge :
  - Effort normal de compression : non précisé dans la vidéo, il n'est indiqué que la valeur finale de compression sur la semelle, à savoir 352,5 kN à l'ELU.  
Aussi, dans le logiciel, j'ai intégré les valeurs ci-dessous pour obtenir la même valeur finale de compression à l'ELU
    - Permanent : 160 KN
    - Exploitation : 91 KN
- Efforts :
  - ELU Str :
    - Nu : une charge totale pondérée de 352,5 kN (1.35G + 1.5Q)



- Moments : 0 KN.m
- Autre :
  - Classe d'exposition : non indiqué dans l'exemple, il est pris forfaitairement, 3,5cm en enrobage latéral et supérieur et 6,5cm en enrobage inférieur.
- Ferrailage demandé :
  - Ferrailage de type cadres

### 10.1.3 Exemple n° 3– Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant la méthode des Recommandations Professionnelles

Cet exemple est tiré de l'ouvrage « Aide-mémoire des ouvrages en béton armé - Dunod Edition 2013 ». Il met en œuvre la méthode Blevot – Fremy développée dans les Annales de l'ITBTP et adaptée par les Recommandations Professionnelles au cadre des Eurocodes.



#### Géométrie :

Poteau carré de dimension 70x70 cm, centré sur la semelle.

Semelle de 3,60 de longueur, 1,20 de largeur et 1,40m de hauteur.

2 pieux de diamètre identique de 0,80m avec un espacement entraxe de 2,40m

#### Matériaux :

Béton : C25/30

Acier :  $f_{yk} = 500$  MPa – classe B

#### Environnement :

Classe structurale du bâtiment : S4

Classe exposition : XA1

#### Efforts :

Descente de charge en pied de poteau :

- Permanente :
  - $N_g = 2,850$  MN
  - $M_g = 0,260$  MN.m
- Exploitation :
  - $N_q = 0,820$  MN
  - $M_q = 0,080$  MN.m
- Pas de sollicitation accidentelle

L'exemple prend aussi en compte le poids de la semelle et le poids des terre au-dessus de la semelle.

### 10.1.4 Exemple n°4– Semelle sur 2 pieux – Dimensionnement suivant l'article 9.8.1(2) de



## l'Eurocode 2

Cet exemple est tiré du livre « Dimensionnement des constructions selon l'Eurocode 2 à l'aide des modèles bielles et tirants – Principes et applications – Presse ENPC - Edition 2008 » de J.L. BOSCH, qui l'a lui-même repris du livre « Maitrise du BAEL91 et des DTU associés –Eyrolles- Edition 2000 » de J. ROUX et J. PERCHAT, afin d'établir une comparaison entre les règles BAEL et Eurocode.

A noter que dans ce dernier livre, cet ouvrage était traité suivant l'article de M. BLEVOT/FREMY paru dans les Annales de l'ITBTP 1967 (règlement BA60 au moment de la parution de l'article), et corrigé par les règles BAEL.

Cet exemple illustre 2 modélisations :

- La modélisation des bielles d'une semelle sur 2 pieux sous compression centrée.
- La mise en œuvre des règles d'interpolation prévues par l'article 9.8.1(2) de l'EN1992-1-1 :2004 dans le cas d'une géométrie de semelle semi-rigide (ou semi-flexible).

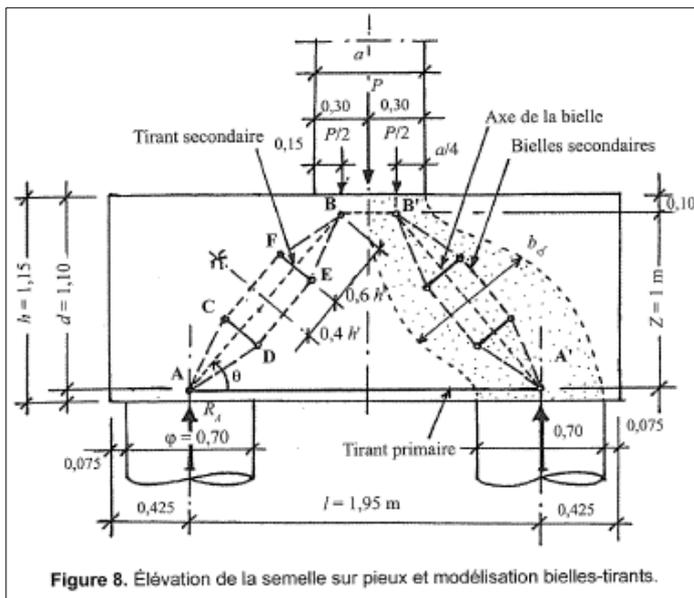


Figure 8. Élévation de la semelle sur pieux et modélisation bielles-tirants.

Figure 10-1 - Figure de la semelle extraite du livre

### Géométrie :

Poteau carré de dimension 60x60 cm, centré sur la semelle.

Semelle de 2,80m de longueur, 0,85m de largeur et 1,15m de hauteur.

2 pieux de diamètre identique de 0,70m chacun avec un espacement entraxe de 1,95m

### Matériaux :

Béton : C25/30

Acier :  $f_{yk} = 500$  MPa – classe B (non précisé dans l'ouvrage mais précisé ici car demandé dans le logiciel)

### Environnement :

Classe structurale du bâtiment : S4 (non précisé dans le livre)

Classe exposition : XA1 (non précisé dans le livre). Toutefois, le logiciel permettant de forcer l'enrobage, c'est ce dernier qui sera directement renseigné.

Le livre n'indique pas l'environnement de l'ouvrage et fixe directement l'enrobage à 5cm. Ce qui est logique puisque l'exemple a été initialement écrit pour un calcul au BAEL.

### Efforts :

Descente de charge en pied de poteau (charge de compression uniquement, le poteau étant en compression centré au sens du BAEL) :

- Permanente :
  - $N_g = 2,310$  MN
  - $M_g = 0,00$  MN.m



- Exploitation :
  - $N_q = 0,930 \text{ MN}$
  - $M_q = 0,00 \text{ MN.m}$
- Pas de sollicitation accidentelle

L'exemple prend en compte le poids de la semelle mais d'une façon un peu particulière (voir le détail dans la notice de validation).

Pas de poids des terre au-dessus de la semelle.