

# **Semelle béton armé sur pieux**

**Version 2.0**

Validation n°1

*Validation avec des exemples  
de calcul de semelle sur  
pieux figurant dans la  
littérature technique*





## **Tables des matières**

<b>1</b>	<b><i>Présentation des exemples</i></b> .....	<b>5</b>
1.1	Généralité.....	5
<b>2</b>	<b><i>Exemple n°1 - Semelle sur un pieu – Dimensionnement du ferrailage par la méthode de la semelle sur rocher</i></b> .....	<b>6</b>
2.1	Description de l'exemple.....	6
2.2	Entrée des données.....	6
2.2.1	Formulaire Géométrie .....	7
2.2.2	Formulaire Matériaux .....	8
2.2.3	Formulaire Charges et Combinaisons .....	8
2.2.3.1	Charges.....	8
2.2.3.2	Combinaison.....	9
2.2.4	Formulaire Ferrailage .....	9
2.2.5	Formulaire Modélisation – Environnement .....	10
2.2.5.1	Onglet Méthode de calcul .....	10
2.2.5.2	Onglet Durabilité .....	10
2.3	Calculs .....	10
2.4	Comparaison des résultats .....	11
2.5	Notes de calcul .....	13
2.6	Fichier de données .....	13
<b>3</b>	<b><i>Exemple n°2 - Semelle sur un pieu par la méthode de la bielle unique comprimée.....</i></b>	<b>15</b>
3.1	Description de l'exemple.....	15
3.2	Entrée des données.....	15
3.2.1	Formulaire Géométrie.....	16
3.2.2	Formulaire Matériaux .....	16
3.2.3	Formulaire Charges et Combinaisons .....	16
3.2.3.1	Charges.....	17
3.2.3.2	Combinaison.....	17
3.2.4	Formulaire Ferrailage .....	17
3.2.5	Formulaire Modélisation - Environnement.....	18
3.3	Calculs .....	18
3.4	Comparaison des résultats .....	18
3.5	Note de calcul .....	21
3.6	Fichier de données .....	21
<b>4</b>	<b><i>Exemple n°3 – Calcul d'une semelle sur deux pieux par les Recommandations Professionnelles.....</i></b>	<b>23</b>
4.1	Description de l'exemple.....	23
4.2	Entrée des données.....	24
4.2.1	Formulaire Géométrie .....	24



4.2.2	Formulaire Matériaux .....	25
4.2.3	Formulaire Charges et Combinaisons .....	25
4.2.3.1	Charges.....	25
4.2.3.2	Combinaison.....	25
4.2.4	Formulaire Ferrailage .....	26
4.2.5	Formulaire Modélisation – Environnement .....	26
4.2.5.1	Onglet Méthode de calcul : .....	26
4.2.5.1	Onglet Durabilité : .....	27
<b>4.3</b>	<b>Calculs .....</b>	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>Comparaison des résultats .....</b>	<b>27</b>
<b>4.5</b>	<b>Fichier de données .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b><i>Exemple n°4 – Calcul d’une semelle sur deux pieux par application de l’article 9.8.1(2) de l’EN1992-1-1 .....</i></b>	<b><i>31</i></b>
<b>5.1</b>	<b>Description de l’exemple.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2</b>	<b>Modification de la Configuration par défaut .....</b>	<b>32</b>
<b>5.3</b>	<b>Entrée des données.....</b>	<b>32</b>
5.3.1	Formulaire Géométrie.....	33
5.3.2	Formulaire Matériaux .....	33
5.3.3	Formulaire Charges et Combinaisons .....	33
5.3.3.1	Charges.....	34
5.3.3.2	Combinaison.....	34
5.3.4	Formulaire Ferrailage .....	35
5.3.4.1	Onglet Armatures principales .....	35
5.3.4.2	Onglet Ferrailage transversal .....	35
5.3.5	Formulaire Modélisation – Environnement .....	36
5.3.5.1	Onglet Méthode de calcul : .....	36
5.3.5.2	Onglet Durabilité : .....	37
5.3.5.3	Autres onglets .....	37
<b>5.4</b>	<b>Calculs .....</b>	<b>37</b>
<b>5.5</b>	<b>Comparaison des résultats .....</b>	<b>38</b>
<b>5.6</b>	<b>Fichier de données .....</b>	<b>40</b>

[Annexe n°1 : Note de calcul du dimensionnement d’une semelle sur 1 pieu par assimilation à une semelle sur rocher](#)

[Annexe n°2 : Note de calcul du dimensionnement d’une semelle sur 1 pieu par la méthode Bielle-Tirant](#)



# **1 Présentation des exemples**

## **1.1 Généralité**

Pour valider l'utilisation du logiciel « Semelle BA sur pieux EC2 » V2.0., nous allons utiliser plusieurs exemples figurant dans la littérature technique, ou note de calcul de logiciels commerciaux ou dans des cours publiés sur Internet.

Ces exemples seront les suivants :

- Exemple n°1 - semelle sur 1 pieu suivant la méthode de la semelle sur rocher, exemple tiré du cours de M. Thonier de juin 2010.
- Exemple n°2 - semelle sur 1 pieu suivant la modélisation en bielle comprimée unique par la méthode de calcul Bielle et Tirant, méthodologie utilisée par le logiciel CypeCad™ et dont la présentation est accessible sur le site YouTube™.
- Exemple n°3 : semelle sur 2 pieux – Méthodologie des Recommandations Professionnelles
- Exemple n°4 : semelle sur 2 pieux – Méthodologie d'interpolation entre méthode flexionnelle et méthode par Bielle et Tirant.

Dans le cadre de cette validation, il ne sera pas systématiquement présenté les formulaires permettant de renseigner le logiciel sur les caractéristiques de la semelle. Les premiers exemples seront illustrés par la présentation des divers formulaires, les autres ne le seront que pour les parties significatives.

Je rappelle que la notice d'utilisation du logiciel est suffisamment explicative et je renvoie le lecteur à cette dernière pour tout complément d'information.

### **Nota Bene :**

Il est possible que quelques différences apparaissent entre les captures d'écran figurant dans le présent document et ceux qui apparaîtront dans le logiciel « Semelle BA sur pieux EC2 » V2.0 que vous aurez entre les mains. En effet, le logiciel est en constante évolution et il est possible que quelques points, ici ou là, aient été modifiés avant la diffusion définitive en V2.0. Ces quelques modifications seront mineures et ne remettront pas en cause ce qui est indiqué dans la suite du présent document.

Ces exemples de calcul s'appuient sur la version 2.0 et une version ultérieure peut voir des changements importants. Il vous faudra donc vérifier que votre version correspond bien à la V2.0 sinon certains éléments indiqués ci-après risquent de s'avérer caducs.



## 2 Exemple n°1 - Semelle sur un pieu – Dimensionnement du ferrailage par la méthode de la semelle sur rocher

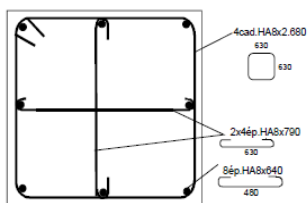
### 2.1 Description de l'exemple

Exemple tiré du cours de Mr Thonier de juin 2010 – page 48 et suivantes

Dans cet exemple, Mr Thonier utilise la méthode proposée par l'Eurocode 2 de la semelle sur rocher pour l'appliquer au dimensionnement de la semelle sur pieu unique. Cette méthode ne nécessite pas d'armatures en parties basse et haute de la semelle, ce qui va à l'encontre des anciennes habitudes françaises, habitudes qui, pour autant n'avaient jamais fait l'objet de la moindre formalisation réglementaire.

Les caractéristiques de la semelle sont les suivantes :

- Dispositions géométriques :
  - Poteau carré 40 x 40 cm venant prendre appui sur la semelle de manière centrée.
  - Semelle carrée de 70 cm de côté - hauteur : 55cm
  - 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 dans l'exemple de Mr Thonier mais la très petite différence ne change pas la valeur des calculs
    - Moments : 0 KN.m
  - ELS Quasi-Permanent :
    - $N_s$  : 1878 KN
    - 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 5cm en enrobage inférieur.
- Ferrailage demandé :



Ferrailage de type cadres périphériques avec :

- Épingles verticales à chaque angle
- 1 épingles verticales de renfort sur les 2 faces suivant X
- 1 épingles verticales de renfort sur les 2 faces suivant Y
- 1 épingles horizontales dans le sens X pour chaque lit de cadre.
- 1 épingles horizontales dans le sens Y pour chaque lit de cadre

### 2.2 Entrée des données

Les formulaires pour renseigner les différents items concernant la semelle sur pieu sont appelable directement depuis le menu se trouvant dans la barre supérieure du logiciel.

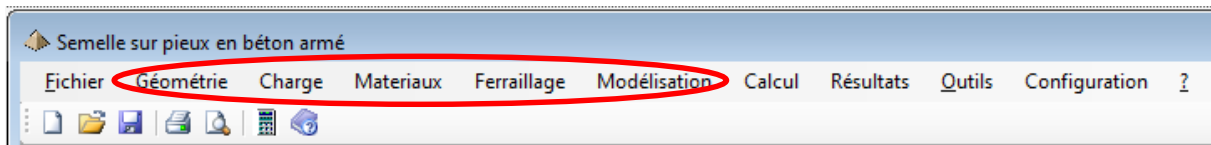


Figure 2-1 - Barre supérieure du menu général du logiciel

Les cinq formulaires permettant de renseigner la semelle, à savoir :

- Géométrie
- Charge
- Matériaux
- Ferrailage
- Modélisation

Sont regroupés en début de menu et sont appelables indépendamment les uns des autres, sauf le formulaire » Géométrie » qui doit toujours être renseigné en premier.

Toutefois, le logiciel impose de renseigner le formulaire de la géométrie de la semelle avant les autres formulaires pour une nouvelle semelle. En effet, les méthodes de calculs possible peuvent être différentes d'un type de semelle à l'autre et pour rendre le logiciel plus intelligible, les éléments inutiles pour la semelle renseignée n'apparaissent pas.

Les autres formulaires peuvent être renseignés dans n'importe quel ordre. Toutefois, pour les semelles sur 1 pieu, il convient de renseigner d'abord le formulaire [Modélisation] car le type de ferrailage pourra être différent suivant le mode de calcul adopté.

### 2.2.1 Formulaire Géométrie

Figure 2-2 - Formulaire Géométrie renseigné

Le formulaire Géométrie doit apparaître comme indiqué dans l'image ci-dessus une fois entièrement renseigné.

Pas de difficulté particulière dans ce cas de figure.



### 2.2.2 Formulaire Matériaux

Figure 2-3 - Formulaire Matériaux

Pas de difficulté particulière. La rhéologie n'a pas d'importance dans ce cas de calcul. Vous pouvez renseigner n'importe quel type de rhéologie, les résultats resteront identiques.

### 2.2.3 Formulaire Charges et Combinaisons

Ce formulaire regroupe sous 2 onglets les valeurs de charges et de combinaisons appliquées à la semelle.

La valeur du poids propre de la semelle n'est pas pris en compte suivant les errements habituels.

#### 2.2.3.1 Charges

Figure 2-4 - Charges

Pas de difficulté particulière.

Les valeurs de 1040 KN pour la valeur des charges permanentes et 477 KN pour la valeur des charges d'exploitation n'ont été évaluées que pour obtenir un total le plus proche de 2120 KN sous combinaison ELU Str., valeur proposée par Mr Thonier dans son exemple.





### 2.2.3.2 Combinaison

	Charge	Pondération
▶	1	1,35
	2	1,50
*	0	0

Nombre de combinaisons renseignées : 1

Ajouter une combinaison Supprimer une combinaison

Combinaison n° 1

Etat limite : ELU STR (fondamental)

Effacer

Figure 2-5 - Combinaison

Pas de difficulté particulière. Une seule combinaison renseignée pour introduire l'effort normal de compression maximum sur la semelle.

Cet effort normal est égal à 2,12 MN pour être conforme à la valeur de l'exemple.

### 2.2.4 Formulaire Ferrailage

Disponibilité stock barres HA Disponibilité stock Treillis Soudés Modèle amatures de flexion : Amatures imposées

☐ Sous forme de Treillis soudés standard ADETS ☒ Sous forme de quadrillage de Barres HA

Modèle de cage d'armatures pour semelle sur un pieu :

☐ Basique

☐ Avec renforts // à côtés X

☐ Avec renforts // à côtés Y

☒ Avec renforts côté X - Nombre : 1 et renforts côté Y - Nombre : 1

☒ Avec épingles

Espacement minimum entre cadres (cm) : 10

Espacement maximum entre cadres (cm) : 40

Caractéristiques du ferrailage sous forme de barres HA :

Espacement maximum entre barres :

☐ Suivant §9.3.1.1(3) - Zone standard

☒ Suivant valeur imposée suivante : 40 (cm)

Espacement minimum entre barres d'acier (cm) : 10

Figure 2-6 - Onglet Ferrailage

Les autres onglets peuvent ne pas être modifiés.

Seul cet onglet nécessite d'être renseigné pour :

- Le ferrailage sous forme de barres HA et non pas sous format de treillis soudé.
- Ferrailage sous forme de cadres avec des épingles verticales de renfort et des épingles horizontales dans les 2 sens X et Y.
- Espacement minimum et maximum entre cadres anti-éclatement



## 2.2.5 Formulaire Modélisation – Environnement

### 2.2.5.1 Onglet Méthode de calcul

Figure 2-7 - Méthode de calcul

Indique la méthode de calcul utilisée. Dans le cas de notre exemple, nous modélisons notre semelle de fondation sur pieu comme une semelle de fondation sur rocher suivant les termes des Recommandations Professionnelles qui renvoient à l'article 9.8.4 de l'EN1992-1-1

La méthode de calcul cochée est cohérente par rapport au calcul manuel. L'auteur effectue le calcul suivant la méthode de la semelle sur rocher.

Toutefois, il faut aussi cocher [*les épingles participent à la reprise de l'effort de traction*] sinon les résultats seront différents de ceux obtenus par l'auteur (Cf. Commentaire n° 2 du §2.4 Comparaison des résultats).

### 2.2.5.2 Onglet Durabilité

Cet onglet se présente sous la forme suivante une fois renseigné :

Figure 2-8 - Onglet Durabilité

L'auteur ne précise pas les enrobages. Il faut regarder les dimensions des armatures sur le dessin de ferrailage de l'auteur pour les déduire soit enrobage latéral 3,5cm, enrobage supérieur 3,5cm et enrobage inférieur 3,5cm.

Le logiciel va afficher des avertissements car les enrobages inférieurs ne sont pas suffisant par rapport à l'article 4.4.1.3(4) de l'EN1992-1-1 qui prévoit une valeur de 65mm pour le coefficient k2

## 2.3 Calculs

Une fois tous les formulaires renseignés comme indiqué ci-avant, il suffit de cliquer sur la commande « Calcul » pour démarrer le calcul du ferrailage de la semelle (Rond Rouge ci-dessous).

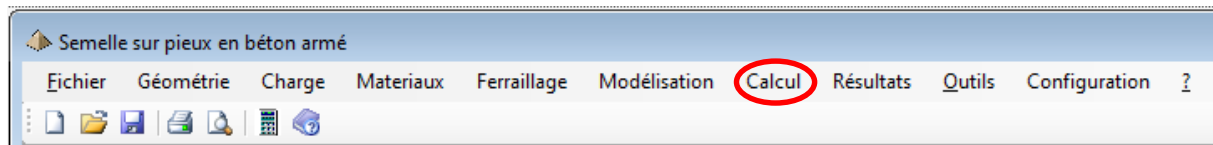


Figure 2-9 - Menu

## 2.4 Comparaison des résultats

La comparaison est établie entre :

- L'exemple figurant dans le cours de Mr Thonier
- La même semelle calculée via le logiciel « Semelle BA sur pieux<sup>TM</sup> » en prenant en compte certaines spécificités (voir commentaires)

Le ferrailage de Mr Thonier est le suivant :

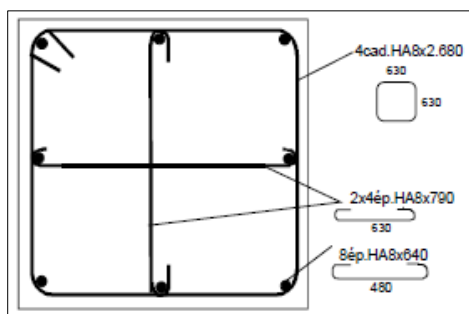


Figure 2-10 - Ferrailage de l'exemple proposé par M. Thonier

Le ferrailage proposé par le logiciel est le suivant (image extraite du logiciel **Semelle BA sur pieux<sup>TM</sup>**) :

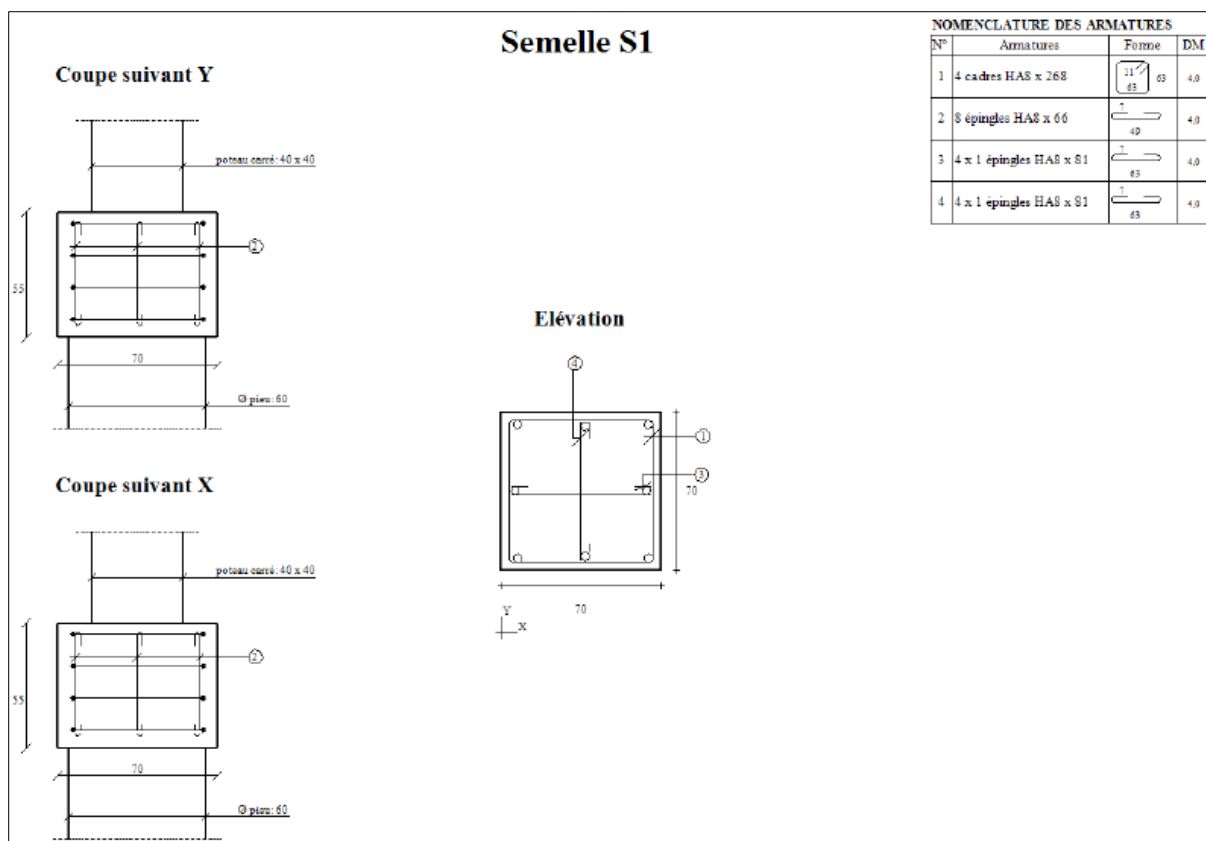


Figure 2-11 - Présentation du ferrailage par le logiciel Semelle BA sur pieux™

Le comparatif entre le logiciel et le cours est visé dans le tableau ci-dessous

Eléments de comparaison	Cours Thonier	Semelle BA sur pieux™	Commentaires
Effort tension éclatement à reprendre	0,227 MN	0,227 MN	(1)
Section totale (cm²) pour cadres anti-éclatement sur hauteur de la semelle	5,22 cm²	5.22 cm²	(1)
Répartition cadres anti-éclatement	4 Cadres HA 8	4 Cadres HA 8	(2)
Dimensions cadres HA8			
Longueur totale	2.68	2.68	(1)
Dimension des côtés	63x63	63x63	
Dimensions épingles verticales HA8			
Longueur totale	0.64	0.66	(1)
Dimension des côtés	0.48	0.49	
Dimensions épingles horizontales HA8 (identiques pour les 2 sens, la semelle _étant carrée)			
Longueur totale	0.79	0.81	(1)
Dimension des côtés	0.63	0.63	

Commentaire n°1 :

- Valeurs identiques ou quasi-identiques.

Commentaire n° 2 :

- M. Thonier n'est pas très informatif dans l'annonce de son résultat. Il indique un résultat de 4 cadres HA8 sans autre explication. Or, la section de 4 cadres HA8 soit  $8 \times HA8 = 4.02 \text{ cm}^2$  se trouve bien en dessous des  $5.22 \text{ cm}^2$  nécessaire. Mais si l'on prend en compte l'épingle supplémentaire horizontale HA8, mise



en place pour chaque face soit 4HA8 par face, on trouve une section de 6.03 cm<sup>2</sup> satisfaisant donc, les 5.22 cm<sup>2</sup> nécessaire. Pour obtenir ce résultat, il faut donc cocher l'item

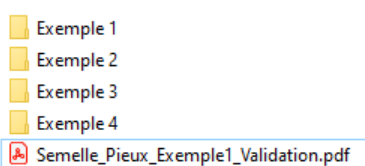
- La reprise de l'effort de traction par l'épingle est à mon avis discutable. C'est la raison pour laquelle je laisse le choix au projeteur en cochant ou pas cet item, de prendre en compte ou pas, l'épingle dans la reprise de l'effort de traction.

### 2.5 Notes de calcul

La note de calcul se trouve en [Annexe n°1](#), à la fin du présent document.

### 2.6 Fichier de données

Sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page du présent logiciel, vous avez pu télécharger le fichier compressé contenant l'actuel document présentant la validation avec les exemples de calcul n°1 à n°4.

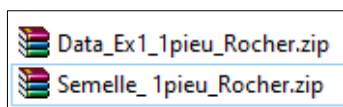


Quand vous avez téléchargé le fichier « *Semel\_\_Pieu\_Exemple1\_Validation.zip* », ce dernier s'est présenté suivant l'image ci-contre, une fois que vous l'avez décompressé :

Ce fichier compressé comprend :

- Un document : Semelle\_Pieux\_Exemple1\_Validation qui est le présent document
- 4 sous-répertoires :
  - Sous répertoire Exemple 1 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 1.
  - Sous répertoire Exemple 2 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 2
  - Sous répertoire Exemple 3 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 3.
  - Sous répertoire Exemple 4 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 4

Les fichiers correspondant à l'exemple n°1 se trouvent dans le sous-répertoire « Exemple 1 » et, quand vous ouvrez ce dernier, il se présente sous la forme de l'image ci-dessous :



Les fichiers de données pour l'exemple n°1, pour le calcul d'une semelle sur un pieu, par la méthode semelle sur rocher, se trouvent dans le fichier compressé « *Data\_Ex1\_1pieu\_Rocher.zip* » (voir 1<sup>ière</sup> ligne de l'image ci-contre). Il vous suffit de décompresser ce fichier puis de lancer le calcul, en ayant préalablement ouvert le logiciel Semelle BA sur pieux EC2™, et de charger depuis ce dernier, le fichier « *Semelle\_1\_pieu\_Thonier.txt* » (voir image ci-dessous).

La note de calcul (Voir [§2.5 Notes de calcul](#)) se trouvent dans le fichier compressé « *Semelle\_1pieu\_Rocher.zip* ». Il suffit de charger le fichier et de le décompresser pour obtenir la note de calcul au format rtf. Je rappelle que le format rtf peut se lire avec n'importe quel éditeur de texte.

Pour rappel, les fichiers de sauvegarde des données comprennent :

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



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

Pour des raisons de bon fonctionnement du logiciel, les fichiers xml doivent toujours se trouver dans le même répertoire que le fichier txt auxquels ils sont associés. Sinon, vous aurez une erreur du logiciel qui vous indiquera que les fichiers de données n'ont pas été trouvés.

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

Il est fourni 1 fichier compressé de données :

- *Data\_Ex1\_1pieu\_Rocher..zip* qui contient tous les fichiers pour le calcul de la semelle sur 1 pieu par la méthode Bielle-Tirant

Ensemble des fichiers composant le zip



Ensemble des fichiers au format xml générés par le logiciel

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



### **3 Exemple n°2 - Semelle sur un pieu par la méthode de la bielle unique comprimée**

#### **3.1 Description de l'exemple**

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 bielle - tirant proposée par l'Eurocode 2 à l'article 6.5.3, en modélisant la semelle de fondation sous forme de bielle unique. Le logiciel Cypecad™ ne fait que généraliser la modélisation proposée par l'Eurocode pour les semelles sur rocher.

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.
  - Fluage : n'intervient pas
  - Résistance au feu : aucune
- Ferrailage demandé :
  - Ferrailage de type cadres

#### **3.2 Entrée des données**

Les formulaires pour renseigner les différents items concernant la semelle sur pieu sont appelable directement depuis le menu se trouvant dans la barre supérieure du logiciel.

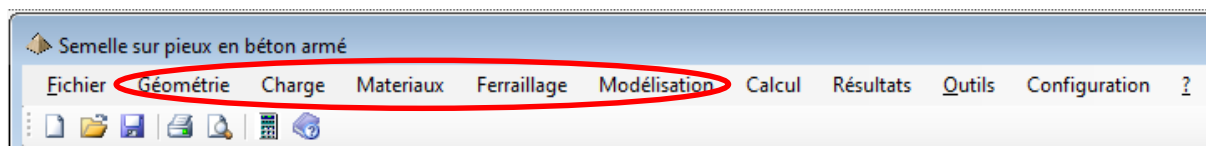


Figure 3-1 - Barre supérieure du menu général du logiciel



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

Les cinq formulaires permettant de renseigner la semelle, à savoir :

- Géométrie
- Charge
- Matériaux
- Ferrailage
- Modélisation

Sont regroupés en début de menu et sont appelables indépendamment les uns des autres, sauf le formulaire « Géométrie » qui doit toujours être renseigné en premier.

Toutefois, le logiciel impose de renseigner le formulaire de la géométrie de la semelle avant les autres formulaires pour une nouvelle semelle. En effet, les méthodes de calculs possible peuvent être différentes d'un type de semelle à l'autre et pour rendre le logiciel plus intelligible, les éléments inutiles pour la semelle renseignée n'apparaissent pas.

Les autres formulaires peuvent être renseignés dans n'importe quel ordre.

### 3.2.1 Formulaire Géométrie

Figure 3-2 - Formulaire Géométrie renseigné

Le formulaire Géométrie doit apparaître comme indiqué dans l'image ci-dessus une fois entièrement renseigné.

Un panneau d'optimisation apparaît vous indiquant que vous pouvez réduire la hauteur de la semelle.

### 3.2.2 Formulaire Matériaux

Idem que le formulaire précédent.

Pas de difficulté particulière. La rhéologie n'a pas d'importance dans ce cas de calcul. Vous pouvez renseigner n'importe quel type de rhéologie, les résultats resteront identiques.

### 3.2.3 Formulaire Charges et Combinaisons

Ce formulaire regroupe sous 2 onglets les valeurs de charges et de combinaisons appliquées à la semelle.

La valeur du poids propre de la semelle n'est pas prise en compte suivant les errements habituels.





### 3.2.3.1 Charges

Charges et Combinaisons

Cas	Nature	N (KN)	Mx (KN.m)	My (KN.m)	Mz (KN.m)	Vx (KN)	Vy (KN)
1	Permanente	160,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Exploitation Catégorie A	91,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0		0	0	0	0	0	0

Figure 3-3 - Charges

Pas de difficulté particulière.

### 3.2.3.2 Combinaison

Charges et Combinaisons

Charge	Pondération
1	1,35
2	1,50
0	0

Nombre de combinaisons renseignées : **1**

Ajouter une combinaison Supprimer une combinaison

Combinaison n° **1**

Etat limite : ELU STR (fondamental)

Effacer

Figure 3-4 - Combinaison

Pas de difficulté particulière. Une seule combinaison renseignée pour renseigner l'effort normal de compression maximum sur la semelle.

Cet effort normal est égal à 352,5 kN pour être conforme à la valeur de l'exemple.

### 3.2.4 Formulaire Ferrailage

Ferrailage

Disponibilité stock barres HA Disponibilité stock Treillis Soudés Modèle armatures de flexion : Amature

☒ Sous forme de quadrillage de Barres HA

Modèle de cage d'armatures pour semelle sur un pieu :

☐ Sous forme de cadres horizontaux anti-éclatement maintenues par des épingles verticales

☐ Sous forme de un demi-panier inférieur

☐ Sous forme de deux demi-paniers emboîtés

☒ Sous forme de cadres complets formant paniers

Figure 3-5 - Onglet Ferrailage

Les autres onglets peuvent ne pas être modifiés.

Seul cet onglet nécessite d'être renseigné pour :

- Le ferrailage sous forme de barres HA uniquement
- Ferrailage sous forme de cadres complets



Toutefois, cet onglet peut ne pas être renseigné car il le sera automatiquement avec le choix de la méthode de calcul, effectuée dans le formulaire « Modélisation » (cf § ci-après) En effet, le choix dans ce dernier de la méthode de calcul « Modélisation suivant tirant comprimé – EN1992-1-1 Art.6.5.3 » implique automatiquement le choix du ferrailage sous forme de cadres complets en barres HA.

### 3.2.5 Formulaire Modélisation - Environnement

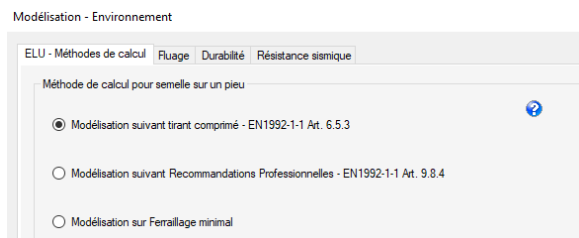


Figure 3-6 - Méthode de calcul

Indique la méthode de calcul utilisée.

La coche « Modélisation suivant tirant comprimé – EN1992-1-1 Art.6.5.3 » est cochée pour réaliser le dimensionnement du ferrailage de la semelle.

Comme indiqué au § précédent, ce choix implique automatiquement un ferrailage sous forme de cadres complets en barres HA.

### 3.3 Calculs

Une fois tous les formulaires renseignés comme indiqué ci-avant, il suffit de cliquer sur la commande « Calcul » pour démarrer le calcul du ferrailage de la semelle (Rond Rouge ci-dessous).

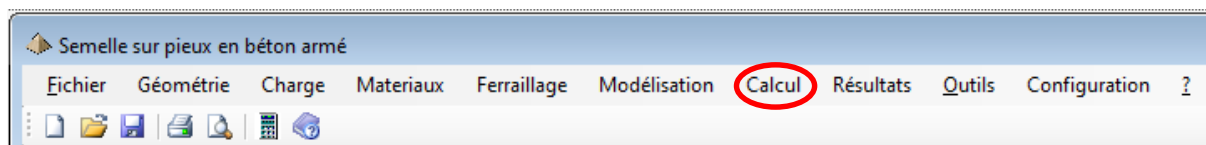


Figure 3-7 - Menu

### 3.4 Comparaison des résultats

La comparaison est établie entre :

- L'exemple figurant dans la vidéo YouTube™
- La même semelle calculée via le logiciel « Semelle BA sur pieux™ ».

Le ferrailage proposé par le logiciel CypeCad™ est le suivant :



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

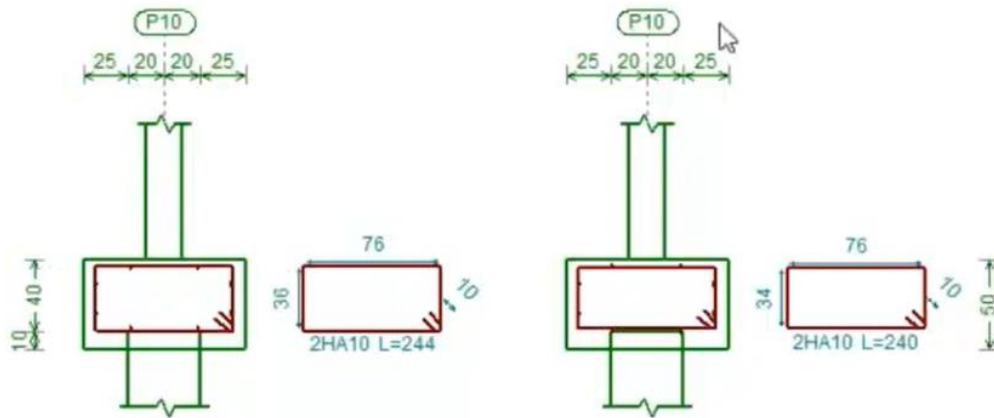


Figure 3-8 - Vue extraite de la vidéo du logiciel CypeCad™

Pieux P1

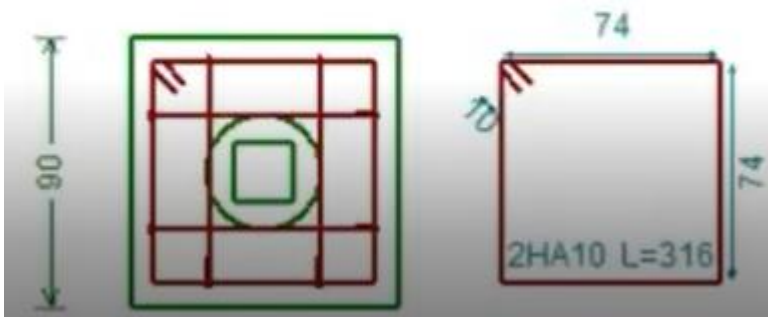
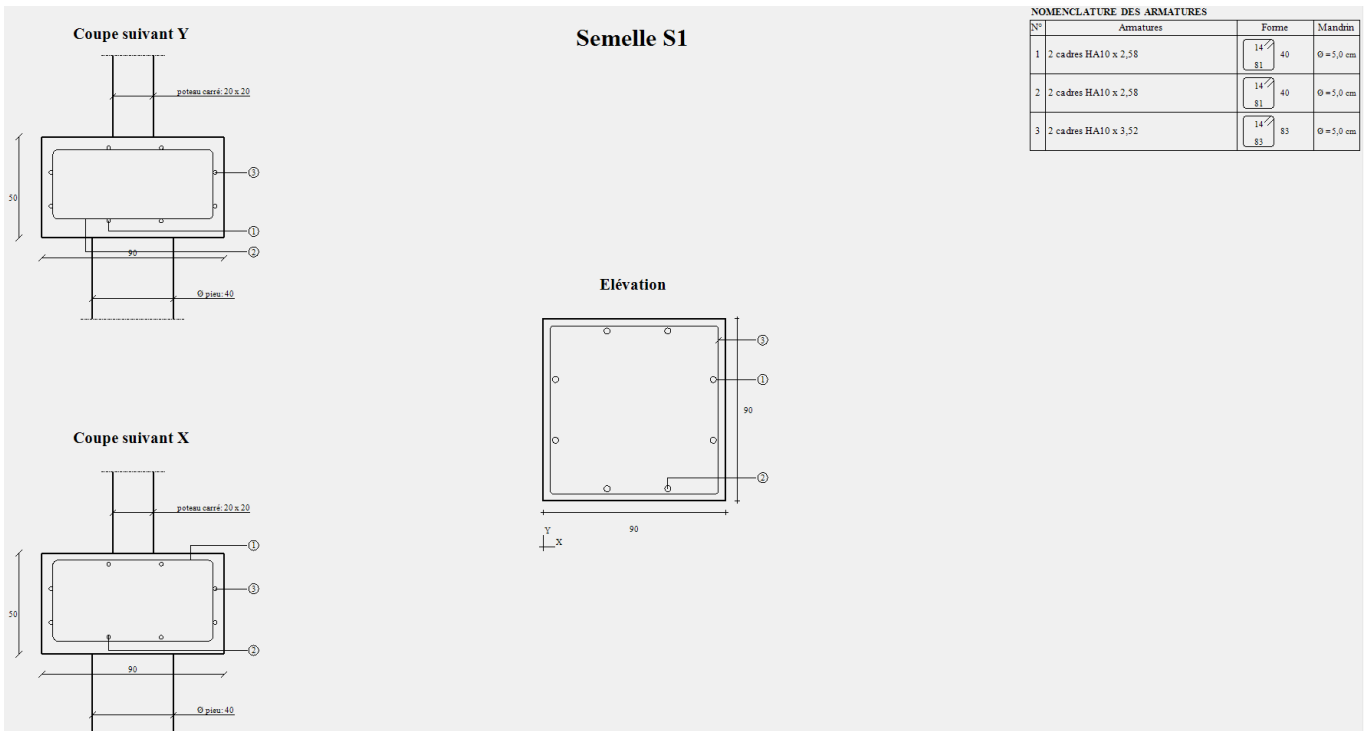


Figure 3-9 - Vue extraite de la vidéo du logiciel CypeCad

Le ferrailage proposé par le logiciel « Semelle BA sur pieux <sup>TM</sup> » est le suivant :





## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

Le comparatif entre les deux logiciels est établi dans le tableau suivant :

	Logiciel CypeCad <sup>TM</sup>	Logiciel Semelle BA sur pieux <sup>TM</sup>	Commentaires
Valeur de b (largeur de la bielle)	400 mm	900 mm	(1)
Valeur de H	500 mm	500 mm	
Effort tension éclatement à reprendre T	44.06 kN	45.68 KN	(2)
Comparaison T avec l'effort repris par les cadres – Valeur de reprise	136.61 kN	1.57 cm <sup>2</sup> installé pour 1.05 cm <sup>2</sup> requis	(3)
Répartition cadres anti-éclatement	2 Cadres HA 10	2 Cadres HA 10	(3)
Cadres verticaux suivant X et Y	2 HA10	2 HA10	(4)
Capacité du pieu : $N_{Ed,s} < N_{Rd,s}$ (kN)	$289.93 < 350.0$	NC	(5)

Commentaire n°1 :

- CypeCad <sup>TM</sup> prend pour valeur la dimension du pieu alors que Semelle BA <sup>TM</sup> prend comme valeur la plus petite dimension transversale de la semelle. Ce qui me semble plus logique et correspondre aux attendus de la figure 6.25 de l'Eurocode 2.

Commentaire n°2 :

- Les valeurs sont légèrement différentes en raison de :
  - Une largeur de bielle différente (cf commentaire 1)
  - CypeCad <sup>TM</sup> utilise l'équation (6.58) alors que Semelle BA <sup>TM</sup> utilise l'équation (6.59). CypeCad <sup>TM</sup> indique, dans sa note de calcul, que si  $b < H$ , l'équation (6.58) peut être utilisée. Erreur pour ma part de CypeCad <sup>TM</sup>, l'Eurocode 2 indique  $b < H/2$  et non  $b < H$  (cf article 6.5.3 de l'Eurocode 2).
- Les valeurs numériques sont relativement proches malgré le fait que l'équation utilisée est différente.

Commentaire n°3 :

- CypeCad <sup>TM</sup> compare directement T avec l'effort de traction que peut reprendre la valeur de l'aire des cadres des 2 côtés de la semelle soit  $4 \times HA10$  soit  $3,11 \text{ cm}^2 \times 348 \text{ MPa} = 136.52 \text{ kN}$  (136.61 kN de CypeCad <sup>TM</sup>). Comme l'Eurocode 2 n'est pas très précis sur la façon d'on s'applique T (et que la littérature n'est pas plus prolix), j'ai pris pour valeur que T s'appliquait sur un côté seulement. Ce qui signifie que la semelle est soumise à un effort de traction global égal à  $2 \times T$ .
- Semelle BA <sup>TM</sup> calcule l'aire d'acier nécessaire à la reprise de T soit  $1.05 \text{ cm}^2 (= T)$ , ce qui conduit à 2 HA10 ( $= 1.57 \text{ cm}^2 = 68.3 \text{ kN}$ ,  $2HA8 = 43.9 \text{ kN}$ , trop faible pour reprendre T) soit, au final, 2 cadres HA10.
- Même si la façon de procéder est légèrement différente, le résultat reste bien le même. Ce qui est le plus important.

Commentaire n°4 :

- CypeCad <sup>TM</sup>, pas plus que l'Eurocode 2, ne définit le mode de calcul des cadres verticaux. Ces derniers servent, pour l'essentiel, à maintenir les cadres horizontaux. Je les ai donc pris \_égaux\_ aux cadres horizontaux en nombre et diamètre (je suppose que c'est aussi le choix des codeurs de CypeCad <sup>TM</sup>).

Commentaire n°5 :

- Dans cette version logicielle, ce comparatif n'est pas établi.

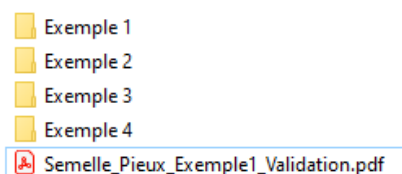


### 3.5 Note de calcul

La note de calcul se trouve en **Annexe n°2** :  
, à la fin du présent document.

### 3.6 Fichier de données

Sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page du logiciel, vous avez pu télécharger le fichier compressé contenant l'actuel document présentant la validation avec les exemples de calcul n°1 à n°4.

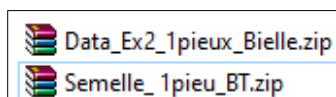


Quand vous avez téléchargé le fichier « *Semel\_\_Pieu\_Exemple1\_Validation.zip* », ce dernier s'est présenté suivant l'image ci-contre, une fois que vous l'avez décompressé :

Ce fichier compressé comprend :

- Un document : Semelle\_Pieux\_Exemple1\_Validation qui est le présent document
- 4 sous-répertoires :
  - o Sous répertoire Exemple 1 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 1.
  - o Sous répertoire Exemple 2 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 2
  - o Sous répertoire Exemple 3 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 3.
  - o Sous répertoire Exemple 4 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 4

Les fichiers correspondant à l'exemple n°2 de la validation n°1 se trouvent dans le sous-répertoire « Exemple 2 » et, quand vous ouvrez ce dernier (Voir image ci-dessous), cela se présente sous la forme de l'image ci-dessous :



Les fichiers de données pour l'exemple n°2, pour le calcul par la méthode Bielle-Tirant pour une semelle sur un pieu, se trouvent dans le fichier compressé « *Data\_Ex2\_1pieux\_Bielle.zip* » (voir 1<sup>ère</sup> ligne de l'image ci-contre). Il vous suffit de décompresser le fichier puis de lancer le calcul, en ayant préalablement ouvert le logiciel Semelle BA sur pieux EC2™, et de charger depuis ce dernier, le fichier « *Semelle\_CypeCad\_1Pieu.txt* » (voir image ci-dessous).

La note de calcul (Voir §3.5 Note de calcul) se trouvent dans le fichier compressé « *Semelle\_1pieu\_BT.zip* ». Il suffit de charger le fichier et de le décompresser pour obtenir la note de calcul au format rtf. Je rappelle que le format rtf peut se lire avec n'importe quel éditeur de texte.

Pour rappel, les fichiers de sauvegarde des données comprennent :

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



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

Pour des raisons de bon fonctionnement du logiciel, les fichiers xml doivent toujours se trouver dans le même répertoire que le fichier txt auxquels ils sont associés. Sinon, vous aurez une erreur du logiciel qui vous indiquera que les fichiers de données n'ont pas été trouvés.

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

Il est fourni 1 fichier compressé de données :

- *Data\_Ex2\_Ipieux\_Bielle.zip* qui contient tous les fichiers pour le calcul de la semelle sur 1 pieu par la méthode Bielle-Tirant

Ensemble des fichiers composant le zip



Ensemble des fichiers au format xml générés par le logiciel

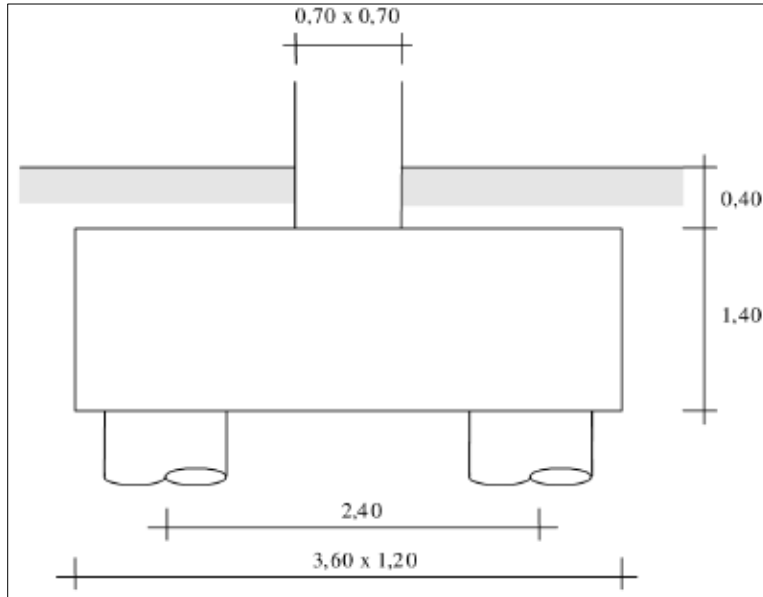
Fichier au format txt qui devra être chargé manuellement par le projeteur pour lancer le calcul de la semelle



## 4 Exemple n°3 – Calcul d'une semelle sur deux pieux par les Recommandations Professionnelles

### 4.1 Description de l'exemple

Cet exemple est tiré de l'ouvrage « Aide-mémoire des ouvrages en béton armé - Dunod Edition 2013 ».



#### Géométrie :

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

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

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

#### 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

Classe exposition : XA1

Béton coulé au contact d'un sol ayant reçu une préparation (on suppose un béton coulé au contact d'un béton de propreté) et enrobage minimal de 30mm soit un enrobage nominal de 40mm (nous verrons la différence à ce sujet par le traitement du logiciel)

#### 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 : voir § 4.2.3.1 [Charges](#).

Densité terre : 20 KN/m<sup>3</sup>

Densité semelle : 25 KN/m<sup>3</sup>



## 4.2 Entrée des données

Les formulaires pour renseigner les différents items concernant la semelle sur 2 pieux sont appelable directement depuis le menu se trouvant dans la barre supérieure du logiciel.

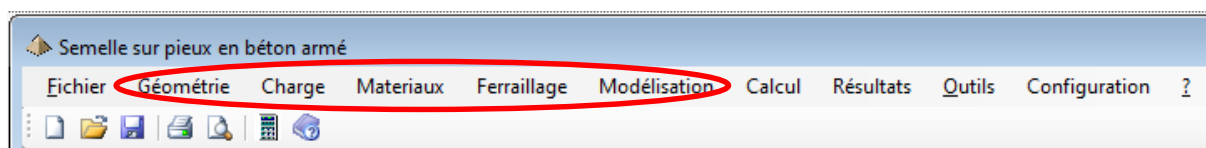


Figure 4-1 - Barre supérieure du menu général du logiciel

Les cinq formulaires permettant de renseigner la semelle, à savoir :

- Géométrie
- Charge
- Matériaux
- Ferrailage
- Modélisation

Sont regroupés en début de menu et sont appelables indépendamment les uns des autres, sauf le formulaire » Géométrie » qui doit toujours être renseigné en premier.

Toutefois, le logiciel impose de renseigner le formulaire de la géométrie de la semelle avant les autres formulaires pour une nouvelle semelle. En effet, les méthodes de calculs possible peuvent être différentes d'un type de semelle à l'autre et pour rendre le logiciel plus intelligible, les éléments inutiles pour la semelle renseignée n'apparaissent pas.

Les autres formulaires peuvent être renseignés dans n'importe quel ordre.

### 4.2.1 Formulaire Géométrie

Figure 4-2 - Formulaire Géométrie renseigné

Le formulaire Géométrie doit apparaître comme indiqué dans l'image ci-dessus une fois entièrement renseigné.

Un panneau d'optimisation apparaît vous indiquant que vous pouvez réduire la hauteur de la semelle.





#### 4.2.2 Formulaire Matériaux

Idem que le formulaire précédent.

Toutefois, le logiciel indiquera un avertissement lors du lancement du calcul car la classe de résistance du béton n'est pas conforme à la classe de l'environnement. Pour autant, le logiciel permet de continuer le calcul, ce point n'étant pas bloquant.

#### 4.2.3 Formulaire Charges et Combinaisons

Ce formulaire regroupe sous 2 onglets les valeurs de charges et de combinaisons appliquées à la semelle.

##### 4.2.3.1 Charges

Charges et Combinaisons									
Charges									
	Cas	Nature		N (KN)	Mx (KN.m)	My (KN.m)	Mz (KN.m)	Vx (KN)	Vy (KN)
▶	1	Permanente	▼	2 850,00	0,00	260,00	0,00	0,00	0,00
	2	Permanente	▼	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	Permanente	▼	151,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	Exploitation Catégorie A	▼	820,00	0,00	80,00	0,00	0,00	0,00
*	0		▼	0	0	0	0	0	0

Figure 4-3 - Charges

Le poids des terres au-dessus de la semelle est aussi pris en compte par l'ajout d'une 2<sup>ème</sup> charge permanente de valeur égale à 31KN (=0.031 MN).

La valeur du poids propre de la semelle est prise en compte par l'ajout d'une 3<sup>ème</sup> charge permanente de valeur égale à 151KN (=0.151 MN).

A noter que l'auteur n'indique pas le type de charge d'exploitation. Dans l'exemple, j'ai pris une charge de catégorie A. Cela est nécessaire pour le calcul en combinaison ELS Caractéristique.

##### 4.2.3.2 Combinaison

Charges et Combinaisons									
Combinaisons									
▶	Charge	Pondération	Nombre de combinaisons renseignées : 2						
	1	1,35	Ajouter une combinaison						
	2	1,35	Supprimer une combinaison						
	3	1,35							
	4	1,50							
*	0	0							
			Combinaison n° 1						
			Etat limite : ELU STR (fondamental)						
			Générateur de combinaisons						
			Effacer						

Figure 4-4 - Combinaison

Deux combinaisons ont été renseignées via le Générateur de combinaison (simple clic sur le bouton « Générateur de combinaison »)

- Combinaison n°1 : ELU STR
- Combinaison n°2 : ELS Caractéristique

L'image ci-dessus affiche les valeurs de pondérations de la combinaison n°1.

A noter que le nombre de combinaisons renseignées est bien égal à 2.



#### 4.2.4 **Formulaire Ferrailage**

Figure 4-5 - Onglet Ferrailage

Les autres onglets peuvent ne pas être modifiés.

Seul cet onglet nécessite d'être renseigné pour :

- Le ferrailage sous forme de barres HA uniquement
- Ferrailage sous forme de cadres complets

Toutefois, cet onglet peut ne pas être renseigné car il le sera automatiquement avec le choix de la méthode de calcul, effectuée dans le formulaire « Modélisation » (cf § ci-après) En effet, le choix dans ce dernier de la méthode de calcul « Modélisation suivant tirant comprimé – EN1992-1-1 Art.6.5.3 » implique automatiquement le choix du ferrailage sous forme de cadres complets en barres HA.

#### 4.2.5 **Formulaire Modélisation – Environnement**

##### 4.2.5.1 *Onglet Méthode de calcul :*

Figure 4-6 - Méthode de calcul

Indique au logiciel, la méthode de calcul à utiliser, en l'occurrence ici, la « Modélisation suivant Recommandations Professionnelles ».



## 4.2.5.1 Onglet Durabilité :

Figure 4-7 - Onglet Durabilité

Le livre précise que le béton est coulé au contact d'un sol ayant reçu une préparation. En conséquence, l'item « Mise en œuvre d'un béton de propreté sous la semelle de fondation » est coché.

## 4.3 Calculs

Une fois tous les formulaires renseignés comme indiqué ci-avant, il suffit de cliquer sur la commande « Calcul » pour démarrer le calcul du ferrailage de la semelle (Rond Rouge ci-dessous).

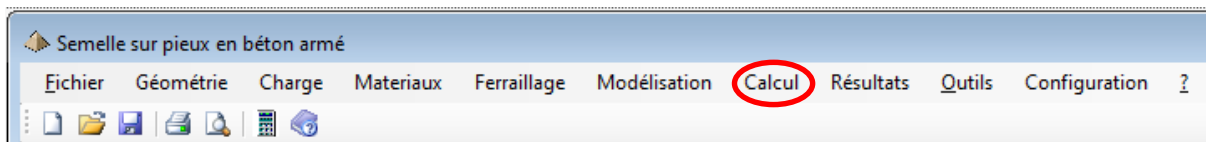


Figure 4-8 - Menu

## 4.4 Comparaison des résultats

La comparaison est établie entre :

- L'exemple figurant dans l'ouvrage « Aide-mémoire des ouvrages en béton armé - Dunod Edition 2013 ».
- La même semelle calculée via le logiciel « Semelle BA sur pieux EC2 »<sup>TM</sup>.

Eléments de comparaison	Ouvrage « Aide-mémoire des ouvrages en béton armé - Dunod Edition 2013 »	Logiciel Semelle BA sur pieux EC2 <sup>TM</sup>	Commentaires
fck	25 MPa	25 MPa	(1)
Enrobage sous semelle de fondation	40 mm	45 mm	(2)
Contrainte en tête de pieu	4,1 MPa	4,11 MPa	(3)
Angle d'inclinaison de la bielle $\theta$	51,7°	52,7°	(4)



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

Compression des bielles	18,9 MPa	18,49 MPa 18,02 MPa	(5)
Etat limite ultime de cisaillement	1,9 MPa	2,04 MPa	(6)
Armatures inférieures	59,5 cm <sup>2</sup> 65,5 cm <sup>2</sup> 9 HA32	58,70 cm <sup>2</sup> 64,57 cm <sup>2</sup> 9 HA32	(7)
Armatures supérieures	Mini de 8,2 cm <sup>2</sup> 9 HA12	Mini de 8,07 cm <sup>2</sup> 9 HA12	(8)
Armatures transversales	17 cm <sup>2</sup> /ml pou 1 brin	34 cm <sup>2</sup> /ml	(9)

### Commentaires :

(1) : valeur de  $f_{ck}$  :

Le livre indique une valeur de  $f_{ck} = 25\text{MPa}$  alors que le logiciel affiche un avertissement. Pour une classe XA1, l'EC2 impose une valeur minimale de 30MPa. Toutefois, le logiciel peut calculer avec une valeur non autorisée.

(2) : valeur de l'enrobage :

Le livre indique une valeur de 40mm alors que l'EC2 impose une valeur minimale de 45mm. Le reste des calculs est effectué avec cette valeur.

(3) : valeur de la contrainte en tête de pieu :

Valeur identique entre le livre et le logiciel. Toutefois, le logiciel ne conclue pas sur la validité ou pas de cette contrainte. Cette contrainte étant fonction du modèle de pieu et de la valeur de la résistance caractéristique utilisée pour le béton du pieu, il vous faut utiliser le logiciel « Capacité pieu EC2 » pour vérifier la contrainte maximale autorisée. Les éléments avancés par le livre sont faux car ce dernier ne précise pas le modèle de pieu et le béton utilisé pour la confection de ce dernier.

(4) : valeur de l'angle d'inclinaison de la bielle  $\theta$  :

Valeur différente entre le livre et le logiciel. Elle provient de la hauteur de bras de levier  $d$  différente. Toutefois, la différence est minime.

(5) : valeur de compression de la bielle :

Le livre indique uniquement la valeur de compression à la base du poteau. Les 2 valeurs sont quasi-identiques entre le livre et le logiciel, la différence provenant de la différence sur l'angle  $\theta$  pris en compte dans le calcul.

La 2<sup>ème</sup> valeur du logiciel correspond au taux de compression au-dessus du pieu, dans la semelle.

(6) : Etat limite Ultime de cisaillement :

Le livre prend une valeur de 2 au lieu de 1,75 en dénominateur et une valeur de  $d$  prise égale à  $0,875.h$ . Ces errements du livre expliquent la différence avec le logiciel.

(7) : Armatures inférieures :

La différence provient de la longueur du bras de levier mais la différence reste très minime (moins de 1,4%). Cela se répercute sur la majoration de 10% en raison du classement en XA1. Pour autant, cela conduit au même choix d'armature : 9 HA32.

(8) : Armatures supérieures :

Quasi-identique

(9) : Armatures transversales :

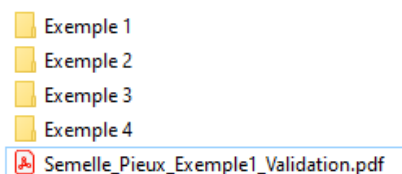


## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

Identique pour la valeur At/St sauf que le livre calcule pour 1 brin alors que le logiciel affiche pour un cadre soit 2 brins ( 1 brin = 17cm<sup>2</sup>/ml et 2 brins = 2 x 1 brin = 2 x 17cm<sup>2</sup>/ml = 34 cm<sup>2</sup>/ml soit équivalent)

### 4.5 Fichier de données

Sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page du logiciel, vous avez pu télécharger le fichier compressé contenant l'actuel document présentant la validation avec les exemples de calcul n°1 à n°4.

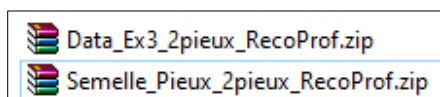


Quand vous avez téléchargé le fichier « *Semel\_\_Pieu\_Exemple1\_Validation.zip* », ce dernier s'est présenté suivant l'image ci-contre, une fois que vous l'avez décompressé :

Ce fichier compressé comprend :

- Un document : Semelle\_Pieux\_Exemple1\_Validation qui est le présent document
- 4 sous-répertoires :
  - o Sous répertoire Exemple 1 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 1.
  - o Sous répertoire Exemple 2 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 2
  - o Sous répertoire Exemple 3 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 3.
  - o Sous répertoire Exemple 4 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 4

Les fichiers correspondant à l'exemple n°3 de la validation n°1 se trouvent dans le sous-répertoire « Exemple 3 » et, quand vous ouvrez ce dernier (Voir image ci-dessous), cela se présente sous la forme de l'image ci-dessous :



Les fichiers de données pour l'exemple n°3, pour le calcul par la méthode des Recommandations Professionnelles, se trouvent dans le fichier compressé « *Data\_Ex3\_2pieux\_RecoProf.zip* » (voir 1<sup>ière</sup> ligne de l'image ci-contre). Il vous suffit de décompresser le fichier puis de

lancer le calcul, en ayant préalablement ouvert le logiciel Semelle BA sur pieux EC2<sup>TM</sup>, et de charger depuis ce dernier, le fichier « *Semelle\_\_2pieux\_RecoProf.txt* »

La note de calcul (Voir §5.4 Calculs) se trouvent dans le fichier compressé « *Semelle\_Pieux\_2pieux\_RecoProf.zip* ». Il suffit de charger le fichier et de le décompresser pour obtenir la note de calcul au format rtf. Je rappelle que le format rtf peut se lire avec n'importe quel éditeur de texte.

Pour rappel, les fichiers de sauvegarde des données comprennent :

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

Pour des raisons de bon fonctionnement du logiciel, les fichiers xml doivent toujours se trouver dans le même répertoire que le fichier txt auxquels ils sont associés. Sinon, vous aurez une erreur du logiciel qui vous indiquera que les fichiers de données n'ont pas été trouvés.



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

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

Il est fourni 1 fichier compressé de données :

- *Data\_Ex3\_2pieux\_RecoProf.zip* qui contient tous les fichiers pour le calcul de la semelle sur 2 pieux par la méthode des Recommandations Professionnelles.

Ensemble des fichiers composant le zip



Ensemble des fichiers au format xml générés par le logiciel

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



## 5 Exemple n°4 – Calcul d'une semelle sur deux pieux par application de l'article 9.8.1(2) de l'EN1992-1-1

### 5.1 Description de l'exemple

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 « Maîtrise 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.

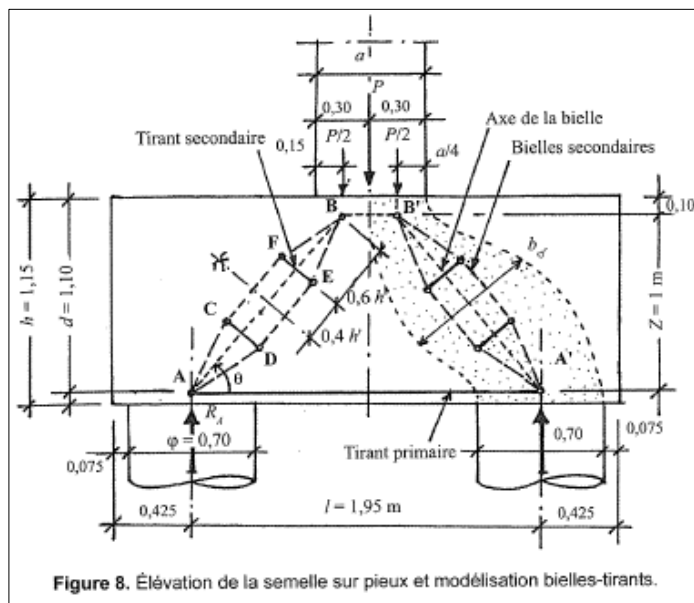


Figure 8. Élévation de la semelle sur pieux et modélisation bielles-tirants.

Figure 5-1 - 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 :
  - $N_q = 0,930$  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 observation n° ) Pas de poids de terre au-dessus de la semelle.

## 5.2 Modification de la Configuration par défaut

Si vous n'avez pas modifié la configuration par défaut, l'exemple va nécessiter d'y porter une modification.

En effet, la distance de débord ne respecte pas les tolérances d'implantation.

Par défaut les tolérances d'implantation sont :

- 10 cm pour le débord de la semelle par rapport au pieu.
- 15 cm pour le débord de la semelle par rapport au poteau.

Figure 5-2 - Configuration initiale

Pour valider l'exemple, les valeurs sont corrigées ainsi :

- 5 cm débord semelle
- 5 cm débord poteau

Figure 5-3 - Configuration finale

Une fois ces modifications réalisées au niveau du formulaire « Configuration », vous pouvez entrer les données.

## 5.3 Entrée des données

Après modification du formulaire « Configuration » si nécessaire, vous devez renseigner les différents formulaires concernant la semelle sur 2 pieux. Ils sont appelables directement depuis le menu se trouvant dans la barre supérieure du logiciel.

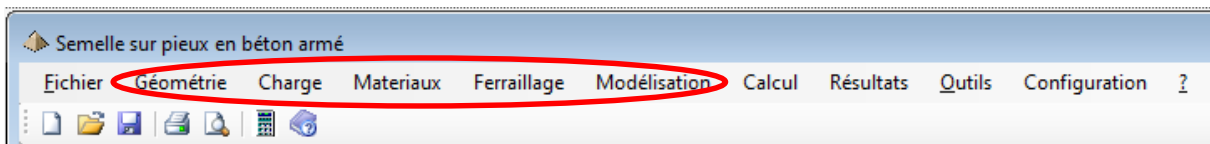


Figure 5-4 - Barre supérieure du menu général du logiciel

Les cinq formulaires permettant de renseigner la semelle, à savoir :

- Géométrie
- Charge
- Matériaux





- Ferrailage
- Modélisation

Sont regroupés en début de menu et sont appelables indépendamment les uns des autres, sauf le formulaire « Géométrie » qui doit toujours être renseigné en premier.

Toutefois, le logiciel impose, pour une nouvelle semelle, de renseigner le formulaire sur la géométrie de la semelle avant les autres formulaires. En effet, les méthodes de calculs possible peuvent être différentes d'un type de semelle à l'autre et pour rendre le logiciel plus intelligible, les éléments inutiles pour la semelle renseignée n'apparaissent pas.

Les autres formulaires peuvent être renseignés dans n'importe quel ordre.

### 5.3.1 Formulaire Géométrie

Figure 5-5 - Formulaire Géométrie renseigné

Le formulaire Géométrie doit apparaître comme indiqué dans l'image ci-dessus une fois entièrement renseigné.

Un panneau d'optimisation apparaît vous indiquant que vous pouvez réduire la hauteur de la semelle.

### 5.3.2 Formulaire Matériaux

Aucune particularité pour ce formulaire. Les valeurs standards peuvent être conservées, l'exemple ne faisant pas apparaître de matériaux particuliers.

### 5.3.3 Formulaire Charges et Combinaisons

Ce formulaire regroupe sous 2 onglets les valeurs de charges et de combinaisons appliquées à la semelle.



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

### 5.3.3.1 Charges

Charges et Combinaisons

Cas	Nature	N (KN)	Mx (KN.m)	My (KN.m)	Mz (KN.m)	Vx (KN)	Vy (KN)
1	Permanente	2 310,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Exploitation Catégorie A	930,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0		0	0	0	0	0	0

☒ Prise en compte automatique du poids propre de la semelle par le logiciel

Figure 5-6 - Charges

Une seule valeur pour la charge permanente : celle amenée par le poteau soit 2310 kN

L'exemple n'évoque pas de poids de terres au-dessus de la semelle.

La valeur du poids propre de la semelle est prise en compte dans le logiciel via 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 logiciel comme l'auteur, prend en compte le poids de la semelle pour calculer la valeur de la réaction du pieu, à partir de laquelle il calcule l'effort appliqué sur le tirant et la contrainte au nœud d'appui sur le pieu. Et, il en tient compte pour le calcul du nœud sous poteau pour les facettes fc0, fc2 et fc3 mais pas pour fc1. Ce qui est logique puisque fc1 est directement sous le poteau.

La valeur du poids propre de la semelle est de 68,4 kN pour un effort permanent sur la semelle, via le poteau de 2310 kN, soit 3% de la valeur de cet effort.

Une seule valeur pour la charge d'exploitation : celle amenée par le poteau soit 930 kN. A noter que l'auteur n'indique pas le type de charge d'exploitation. Dans l'exemple, j'ai pris une charge de catégorie A. Cela est nécessaire pour le calcul en combinaison ELS Caractéristique.

### 5.3.3.2 Combinaison

Charge	Pondération
1	1,35
2	1,50
0	0

Nombre de combinaisons renseignées : 1

Ajouter une combinaison

Combinaison n° 1

Etat limite : ELU STR (fondamental)

Figure 5-7 - Combinaison

Une seule combinaison a été renseignée :

- Combinaison n°1 : ELU STR

L'image ci-dessus affiche les valeurs de pondérations de la combinaison n°1.



### 5.3.4 Formulaire Ferrailage

#### 5.3.4.1 Onglet Armatures principales

Figure 5-8 - Onglet Ferrailage

Les onglets précédents peuvent ne pas être modifiés.

Cet onglet nécessite d'être renseigné pour :

- Le ferrailage sous forme de barres HA uniquement
- L'espacement entre barres. Cette valeur peut conduire à un ferrailage différent comme le montrera la suite du calcul.
- L'origine de l'ancrage – Non évalué dans le livre de M. Bosc
- Le diamètre du mandrin – Non évalué dans le livre de M. Bosc

#### 5.3.4.2 Onglet Ferrailage transversal

Cet onglet nécessite d'être renseigné pour :

- La mise en place d'épingles. L'exemple comporte des épingles.



- L'espacement entre cadres. Cette valeur peut conduire à un ferrailage différent comme le montrera la suite du calcul.
- Le diamètre minimal vis-à-vis du diamètre de l'armature principale. Je propose le tiers.

### 5.3.5 **Formulaire Modélisation – Environnement**

#### 5.3.5.1 *Onglet Méthode 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

Calage du modèle BT:

☐ Le nœud 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 5-9 - Méthode de calcul**

Le 1<sup>er</sup> bouton est coché mais, par contre, la case à cocher ne l'est pas car je souhaite conserver la définition utilisée par M. Bosc pour qualifier la géométrie d'une poutre, qui impacte les coefficients de proratisation. Ce point est présenté dans la notice du logiciel.

Le 3<sup>ème</sup> bouton aurait pu être aussi coché car, dans l'exemple, les calculs sont conduits exclusivement suivant la méthode BT alors que la géométrie de la semelle, suivant les propres éléments relevés par M. Bosc, la classerait comme semi-rigide.

Enfin, le 1<sup>er</sup> bouton étant coché, les calculs peuvent donc être conduits suivant le modèle BT, il convient de caler le modèle par rapport à 2 éléments :

- Le confinement du nœud sous poteau : utilisé par M. Bosc mais non coché dans mon cas car inutile (voir tableau de résultats)
- Le choix de l'équation pour le calcul de la traction dans la bielle (voir §4.7.1.2 de la notice). Cela permet de se caler sur la même formule que celle utilisée par M Bosc.

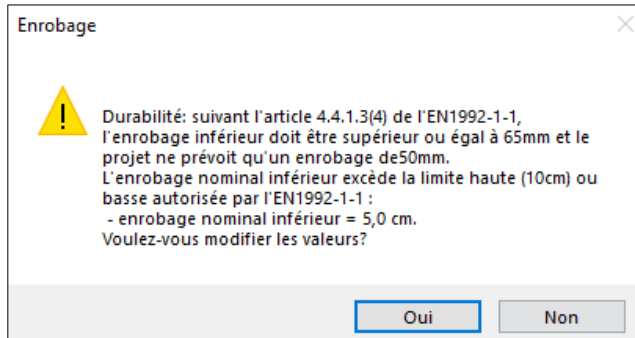


### 5.3.5.2 Onglet Durabilité :

**Figure 5-10 - Onglet Durabilité**

Le livre donne directement un enrobage : 5 cm. En conséquence, l'item « Forçage ... » est coché et la valeur 5 cm est affichée.

Quand vous validerez le formulaire, un avertissement va s'afficher :



Il vous faut cliquer sur le bouton « Non » pour pouvoir continuer le calcul avec cette valeur d'enrobage. Sinon, le bras de levier utilisé pour le calcul des armatures va être trop différent pour permettre une évaluation du logiciel.

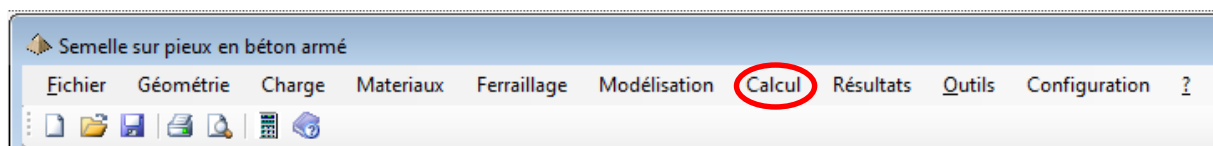
En effet, cette valeur d'enrobage ne correspond plus au minimum réglementaire. Toutefois, le logiciel vous permet de continuer le calcul avec des valeurs d'enrobage non réglementaire.

### 5.3.5.3 Autres onglets

Ils n'ont pas besoin d'être renseignés.

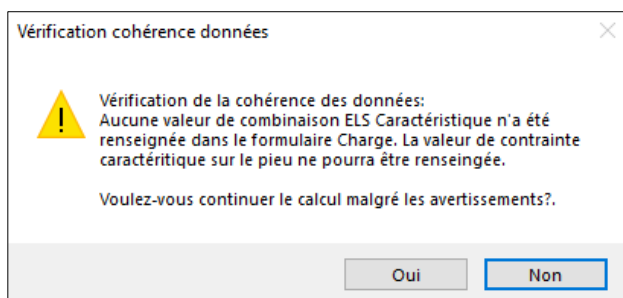
## 5.4 Calculs

Une fois tous les formulaires renseignés comme indiqué ci-avant, il suffit de cliquer sur la commande « Calcul » pour démarrer le calcul du ferrailage de la semelle (Rond Rouge ci-dessous).



**Figure 5-11 - Menu**

Lors du lancement du calcul, vous allez avoir cet avertissement :



Cet avertissement est normal car vous n'avez pas renseigné de combinaison ELS caractéristique et le logiciel ne pourra pas \_établir la valeur de contrainte sur la tête de pieu.

Or, la NF P 94-262 demande un contrôle de contrainte sur la tête de pieu en ELS caractéristique et en ELU Structure. CQFD.

Il vous suffit de cliquer sur le bouton « Oui » pour continuer le calcul.

## 5.5 Comparaison des résultats

La comparaison est établie entre :

- L'exemple figurant dans l'ouvrage « *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. BOSC
- La même semelle calculée via le logiciel « Semelle BA sur pieux EC2 » <sup>TM</sup>.

Eléments de comparaison	Ouvrage « <i>Dimensionnement des constructions selon ... Edition 2008</i>	Logiciel Semelle BA sur pieux EC2 <sup>TM</sup>	Commentaires
Armatures inférieures Suivant modèle BT Suivant modèle Flexionnel Valeur retenue Soit ferrailage pratique	43,64 cm <sup>2</sup> Non calculé 43,64 cm <sup>2</sup> 9 HA25 (44,18 cm <sup>2</sup> )	45,59 cm <sup>2</sup> 39,54 cm <sup>2</sup> 43,80 cm <sup>2</sup> 6 HA32 (48,25 cm <sup>2</sup> )	(1)
Armatures supérieures	Mini de 4,42 cm <sup>2</sup> 9 HA8	Mini de 4,29 cm <sup>2</sup> 6 HA10	(2)
Armatures secondaires Compression dans la bielle Effort traction bielle Effort vertical Soit Effort horizontal Soit	2982 kN 384 kN 244 kN sur 33cm 17,01 cm <sup>2</sup> /ml 296 kN sur 40 cm 17 cm <sup>2</sup> /ml	3038,5 kN 386 kN 251,8 kN sur 34 cm 16,90 cm <sup>2</sup> /ml 292,6 kN sur 39 cm 16,90 cm <sup>2</sup> /ml	(3)
Proratisation des armatures secondaires Armatures verticales Armatures horizontales	Non calculée	23,04 cm <sup>2</sup> /ml 11,07 cm <sup>2</sup> /ml	(4)
Armatures secondaires transversales Coef interpolation T At/st théorique Interpolation BT/Flexionnel Ferrailage pratique	0,476 110 kN 7,70 cm <sup>2</sup> /ml Non calculé 9,75 cm <sup>2</sup> /ml	0,502 109,5 kN 7,50 cm <sup>2</sup> /ml 4,91 cm <sup>2</sup> /ml 7,60 cm <sup>2</sup> /ml	(5)
Contrainte au nœud sous poteau y0 σc0 σRd1 σRd2 σRd3	20 cm et 25,4 cm 15,8 MPa et 12,8 MPa 12,6 MPa 13,9 MPa 13,9 MPa	22,3 cm 14,81 MPa 12,54 MPa 13,55 MPa 13,55 MPa	(6)
Contrainte au nœud sur appui Sur la tête de pieu Au niveau de la bielle	6 MPa 10 MPa	5,89 MPa 10,42 MPa	(7)



## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

Compression moyenne dans la bielle béton	5,8 MPa	6,01 MPa	(8)
--	---------	----------	-----

Commentaires :

(1) : valeur de l'armature inférieure formant tirant :

- La 1<sup>ière</sup> valeur correspond au calcul par le modèle BT
- La 2<sup>ième</sup> valeur correspond au modèle flexionnel
- La 3<sup>ième</sup> valeur correspond à la valeur théorique retenue suivant les valeurs de pondération de chaque modèle suivant le degré de rigidité de la semelle. La note de calcul du logiciel indique les valeurs de pondération
- La 4<sup>ième</sup> valeur indique le lit de ferrailage retenu.

L'auteur calcule uniquement par le modèle BT alors que, suivant les critères qu'il énonce quelques pages avant, nous serions sur un modèle mixte, comme l'autorise d'ailleurs l'Eurocode via son article 9.8.1(2). L'auteur trouve une valeur théorique de 43,64cm<sup>2</sup> pour une valeur de 44,68cm<sup>2</sup> par le logiciel, la différence provenant de la valeur prise pour le bras de levier.

Le logiciel trouve une valeur de 39,54 cm<sup>2</sup> pour le modèle flexionnel et une valeur théorique finale suivant les coefficients de pondération, de 42,90 cm<sup>2</sup>. Ce qui, au final, n'est pas très loin de la valeur de l'auteur. Tout se joue à 1 cm<sup>2</sup> près.

Toutefois, le ferrailage final est assez différent en raison des valeurs d'espacement imposées : aucune valeur indiquée par l'auteur alors que le projeteur demande un espacement minimum de 10 cm et un espacement maximum de 30 cm. Avec un enrobage latéral de 5cm et un cadre en HA10 pour une largeur de 85cm et 6 barres HA32, l'espace restant est de  $(850-2 \times 60 - 6 \times 32)/5 = 107\text{mm} > 100\text{mm}$  demandé.  $(850-2 \times 60 - 9 \times 25)/8 = 63,1\text{mm}$ , ce qui revient à un espacement minimum de 6 cm.

(2) : armatures supérieures :

L'auteur donne une valeur de 4,42cm<sup>2</sup> soit 10% de 9HA25 alors que le logiciel part sur 10% de la valeur théorique soit 4,38 cm<sup>2</sup>, ce qui au final, ne fait pas grande différence. La section haute est donc égale à 4,71 cm<sup>2</sup> pour 4,52cm<sup>2</sup> pour l'auteur.

(3) Armatures transversales : les résultats sont équivalents.

(4) La proratisation s'avère intéressante pour les cadres horizontaux car elle fait diminuer la densité nécessaire, logique en rapport au modèle flexionnel qui ne prévoit pas de cadres horizontaux. Par contre, pour les cadres verticaux, la proratisation majore la densité de ferrailage.

(5) Différence de 5,4% sur le coefficient d'interpolation du fait d'une hauteur de bielle légèrement différente. Car le bras de levier Z est différent entre le livre et le logiciel. Pour autant les valeurs de T et de At/St sont quasi-identiques. Toutefois, le logiciel prend aussi en compte l'interpolation entre les 2 modèles BT et flexionnel ce qui réduit la valeur à 4,91 cm<sup>2</sup>/ml.

En valeurs pratiques, elles sont peu différentes : 9,75 cm<sup>2</sup>/ml pour 7,60 cm<sup>2</sup>/ml

(6) Pour Bosc, 2 calculs de  $\sigma_{c0}$  avec les 2 valeurs de  $y_0$  pour montrer la variation possible de  $y_0$ .

Pour le calcul de  $\sigma_{Rd1}$ , Bosc ne prend en compte que la charge provenant du poteau, ce que fait aussi le logiciel.

Par contre, je ne suis pas d'accord avec Bosc pour le calcul de  $\sigma_{Rd2}$  et  $\sigma_{Rd3}$ . Il fait intervenir le poids propre de la semelle dans le cadre de la valeur de Fcd2 et Fcd3 alors que ce dernier n'agit que sur les appuis.

En fonction des hypothèses prises et des différents arrondis, les valeurs sont cohérentes entre le livre et le logiciel.

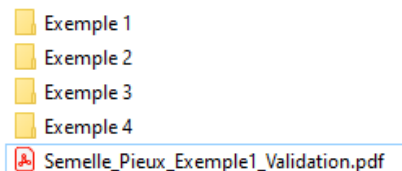
(7) Les valeurs sont à peu près identiques, la différence provenant de l'angle de la bielle : le livre a un angle de 50,47° alors que le logiciel a un angle de 49,28°.



(8) Idem que pour (7).

## 5.6 Fichier de données

Sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page du logiciel, vous avez pu télécharger le fichier compressé contenant l'actuel document présentant la validation avec les exemples de calcul n°1 à n°4.

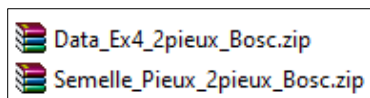


Quand vous avez téléchargé le fichier « *Semel\_\_Pieu\_Exemple1\_Validation.zip* », ce dernier s'est présenté suivant l'image ci-contre, une fois que vous l'avez décompressé :

Ce fichier compressé comprend :

- Un document : Semelle\_Pieux\_Exemple1\_Validation qui est le présent document
- 4 sous-répertoires :
  - o Sous répertoire Exemple 1 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 1.
  - o Sous répertoire Exemple 2 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 2
  - o Sous répertoire Exemple 3 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 3.
  - o Sous répertoire Exemple 4 : répertoire renfermant l'ensemble des données et notes de calcul afférant à l'exemple 4

Les fichiers correspondant à l'exemple n°4 de la validation n°1 se trouvent dans le sous-répertoire « Exemple 4 » et, quand vous ouvrez ce dernier (Voir image ci-dessous), cela se présente sous la forme de l'image ci-dessous :



Les fichiers de données pour l'exemple n°4, pour le calcul par la méthode d'interpolation, se trouvent dans le fichier compressé « *Data\_Ex4\_2Pieux\_Bosc.zip* » (voir 1<sup>ière</sup> ligne de l'image ci-contre). Il vous suffit de décompresser le fichier puis de lancer le calcul, en ayant préalablement ouvert le logiciel Semelle BA sur pieux EC2<sup>TM</sup>, et de charger depuis ce dernier, le fichier « *Semelle\_2\_pieux\_Bosc.txt* »

La note de calcul (Voir §5.4 Calculs) se trouvent dans le fichier compressé « *Semelle\_Pieux\_2pieux\_Bosc.zip* ». Il suffit de charger le fichier et de le décompresser pour obtenir la note de calcul au format rtf. Je rappelle que le format rtf peut se lire avec n'importe quel éditeur de texte.

Pour rappel, les fichiers de sauvegarde des données comprennent :

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

Pour des raisons de bon fonctionnement du logiciel, les fichiers xml doivent toujours se trouver dans le même répertoire que le fichier txt auxquels ils sont associés. Sinon, vous aurez une erreur du logiciel qui vous indiquera que les fichiers de données n'ont pas été trouvés.





## Logiciel Semelle BA sur pieux – Validation n°1

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

Il est fourni 1 fichier compressé de données :

- *Data\_Ex4\_2Pieux\_Bosc.zip* qui contient tous les fichiers pour le calcul de la semelle sur 2 pieux par la méthode d'interpolation.

Ensemble des fichiers composant le zip



Ensemble des fichiers au format xml générés par le logiciel

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



# **ANNEXES**



## Annexe n°1 :

# Dimensionnement d'une semelle en béton armé sur un pieu suivant l'Eurocode 2

Note de calcul du : 29\_08\_2024\_18\_47\_31

Rédacteur : leflux\_ingenierie

Chantier : a\_définir

Logiciel : Semelle BA sur pieux - version 2.0.0.0 2004 - 2024

## 1 - Rappel des hypothèses

### 1 - 1 Codes de calcul

- EN 1992-1-1 d'octobre 2005 et annexe nationale
- Recommandations professionnelles françaises.

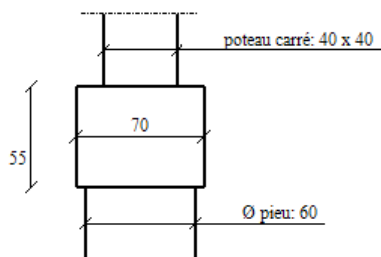
### 1 - 2 Caractéristiques géométriques de la semelle

Semelle sur 1 pieu

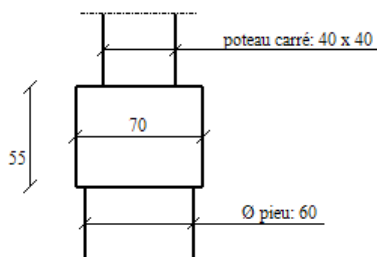
- poteau centré carré de côté = 40,0 cm
- semelle de dimension de côté X = 70,0 cm et côté Y = 70,0 cm - hauteur = 55,0 cm.
- pieu de diamètre 60 cm.

Débord imposé par le projeteur: égal à 5 cm.

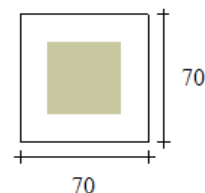
ELEVATION suivant XOZ



ELEVATION suivant YOZ



VUE EN PLAN



### 1 - 3 Données sur les matériaux

- Béton :
  - $f_{ck}$  : 25 MPa
  - $\varnothing$  granulat : 20 mm
  - Classe ciment : N
- Armatures à haute adhérence conforme EN 10080 :
  - $f_{yk}$  : 500 MPa
  - classe ductilité : B

### 1 - 4 Autres données

- Environnement : aucune classe d'exposition n'a été renseignée. Enrobage forcé.  
Enrobage inférieur : 3,5 cm - Enrobage supérieur : 3,5 cm - Enrobage latéral : 3,5 cm.  
Pas de béton de propreté sous la semelle de fondation, le béton est coulé à même le sol.

### 1 - 5 Chargement

- Cas de charge appliqué à la semelle de fondation :

Cas	Nature	N (kN)	Mx (kN.m)	My (kN.m)	Mz (kN.m)	Vx (kN)	Vy (kN)
1	Permanente	1 040,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Exploit. Cat. A	477,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



- Combinaisons :

\* 1 - ELU STR: 1,35.[1]+1,50.[2]

## **2 - Détermination des armatures**

### **2 - 1 Modélisation**

Les calculs assimilent la tête de pieu à une semelle sur rocher suivant les dispositions de l'article du §9.8.4 de l'EN1992-1-1 et les compléments du cours de Mr THONIER.

### **2 - 2 Calcul des cadres anti-éclatement**

Effort d'éclatement suivant Eq. 9.14:

- Effort normal maximal  $N = 2,120$  MN.

- Effort d'éclatement  $F_s = 0,227$  MN.

Section d'armatures nécessaire à la reprise de T:  $A_s = 5,22$  cm<sup>2</sup>, à répartir sur une hauteur de 55,0 cm.

Modèle de ferrailage de type cage anti-éclatement avec :

- Cadres anti-éclatement:

. 4 cadres HA8 et 4 x 1 épingles HA8 pour une section totale de 6,03 cm<sup>2</sup>. Les épingles horizontales venant maintenir les épingles verticales, participent à la reprise de l'effort de traction.

. hauteur sur laquelle s'applique l'effort de traction  $F_s$ : 0,440 m.

. espacements depuis la surface supérieure de la semelle (cm): 5,0 + 14,0 + 14,0 + 14,0

. renforts verticaux sur face Y sous forme d'épingles verticales: 1 renfort(s) par face.

. renforts verticaux sur face X sous forme d'épingles verticales: 1 renfort(s) par face.

. épingles solidarissant les renforts verticaux.

- Renforts verticaux pour les Cadres anti-éclatement:

. dans les 4 angles du panier de ferrailage + renforts verticaux sur faces X et Y sous forme d'épingles verticales: 8 renforts verticaux.

## **2 - Contraintes sur la tête de pieu**

- Effort normal maximal  $N = 2,120$  MN.

- Contrainte sur la tête de pieu  $\sigma = 7,50$  MPa.

La méthode de calcul utilisée est dans son domaine de définition.

## **3 - Métré**

Quantitatif béton - coffrage - ferrailage - densité - masse

Semelle de fondation	Total
Béton - volume total (m <sup>3</sup> )	0,270
Coffrage – surface totale (m <sup>2</sup> )	1,540
Armatures – masse totale (kg)	11,4
Densité de ferrailage (kg/m <sup>3</sup> )	42,4
Masse totale (kg)	577,4

Quantitatif des armatures par diamètre HA

Diamètre barre HA	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Longueur (m)		28,97								
Masse (kg)		11,4								

## **4 - Avertissements**

Aucun avertissement.



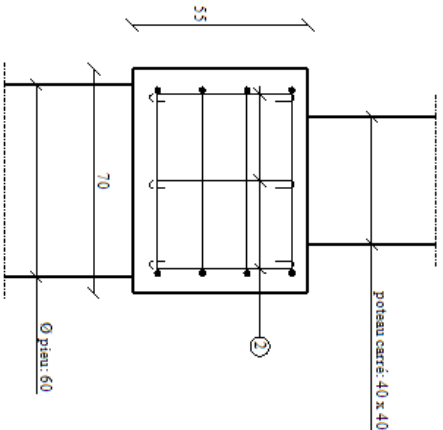
## **5 - Plans**

Vous trouverez ci-après le plan d'exécution de la semelle établi suivant la note de calcul.

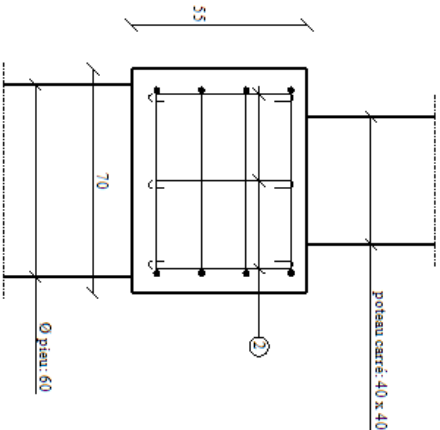
Attention: ce plan n'est pas à l'échelle. Il sert simplement à illustrer la note de calcul.

Le plan à l'échelle doit être tiré directement depuis le logiciel via la commande imprimer.

Coupe suivant Y

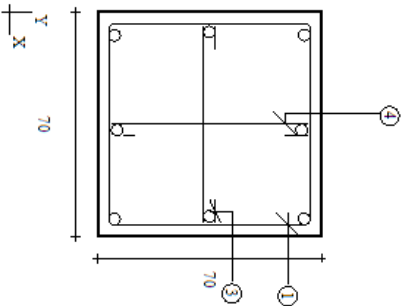






Coupe suivant X



Semelle S1

Élévation



NOMENCLATURE DES ARMATURES			
N°	Armatures	Forme	DM
1	4 cadres HAS x 268		4,0
2	8 épingles HAS x 66		4,0
3	4 x 1 épingles HAS x 81		4,0
4	4 x 1 épingles HAS x 81		4,0

Béton : Fck = 25 MPa - Ø max. granulats: 20mm  
Armatures : HA500 classe B  
Enrobage : Supérieur = 3,50 cm - Latéral = 3,50 cm -  
Diamètres des mandrins :  
- Cadres et épingle HAS: ØDM = 40 mm.



## Annexe n°2 :

# Dimensionnement d'une semelle en béton armé sur un pieu suivant l'Eurocode 2

Note de calcul du : 05\_01\_2024\_17\_10\_58

Rédacteur : leflux\_ingenierie

Chantier : a\_définir

Logiciel : Semelle BA sur pieux - version 1.0.0.0 1998 - 2024

## 1 - Rappel des hypothèses

### 1 - 1 Codes de calcul

- EN 1992-1-1 d'octobre 2005 et annexe nationale

### 1 - 2 Caractéristiques géométriques de la semelle

Semelle sur 1 pieu

- poteau centré carré de côté = 20,0 cm

- semelle de dimension de côté X = 90,0 cm et côté Y = 90,0 cm - hauteur = 50,0 cm.

- pieu de diamètre 40 cm.

### 1 - 3 Données sur les matériaux

- Béton - fck = 25 MPa - diamètre granulats: 20 mm - Classe ciment: N

- Armatures à haute adhérence conforme EN 10080 - fyk = 500 MPa - classe ductilité B

### 1 - 4 Autres données

- Environnement : aucune classe d'exposition n'a été renseignée. Enrobage forcée.

Enrobage inférieur : 6,5 cm - Enrobage supérieur : 3,5 cm - Enrobage latéral : 3,5 cm.

### 1 - 5 Chargement

- Cas de charge appliqué à la fondation

Cas	Nature	N (kN)	Mx (kN.m)	My (kN.m)	Mz (kN.m)	Vx (kN)	Vy (kN)
1	Permanente	160,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Exploit. Cat. A	91,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

- Combinaisons

\* 1 - ELU STR: 1,35.[1]+1,50.[2]

## 2 - Détermination des armatures

### 2 - 1 Modélisation

Les calculs sont réalisés par application de la méthode du tirant comprimé suivant les dispositions de l'article du §6.5.3 de l'EN1992-1-1 .

- Largeur d'épanouissement du tirant b = 0,90 m.

- Hauteur de la semelle H = 0,50 m.

b > H/2 → Région à discontinuité totale - application de l'équation (6.59) corrigée

Effort normal Maximal de compression F : 352,50 kN.

Effort de traction dans le tirant comprimé T : 45,68 kN.

### 2 - 2 Dimensionnement

Section d'armatures nécessaire à la reprise de T: As = 1,05 cm², sur chaque face.

- Cadres anti-éclatement:

• 2 cadres HA10 pour une section totale de 1,57 cm².

• espacements depuis la surface supérieure de la semelle (cm): 3 x 16,0

- Cadres verticaux pour tenir les cadres anti\_éclatement:

• Cadres // à X : 2 cadres HA10

• Cadres // à Y : 2 cadres HA10

## 3 - Métré

Quantitatif béton - coffrage - ferrailage - densité - masse



Semelle de fondation	Total
Béton - volume total (m3)	0,405
Coffrage – surface totale (m2)	1,800
Armatures – masse totale (kg)	10,8
Densité de ferrailage (kg/m3)	26,6
Masse totale (kg)	861,3

Quantitatif des armatures par diamètre HA

Diamètre barre HA	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Longueur (m)			17,46							
Masse (kg)			10,8							

#### **4 - Avertissements**

Aucun avertissement.

#### **5 - Plans**

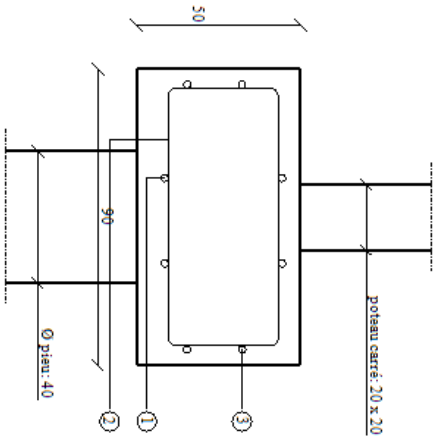
Vous trouverez ci-après les plans d'exécution des ouvrages établis suivant la note de calcul.

Attention: ces plans ne sont pas à l'échelle. Ils servent simplement à illustrer la note de calcul.

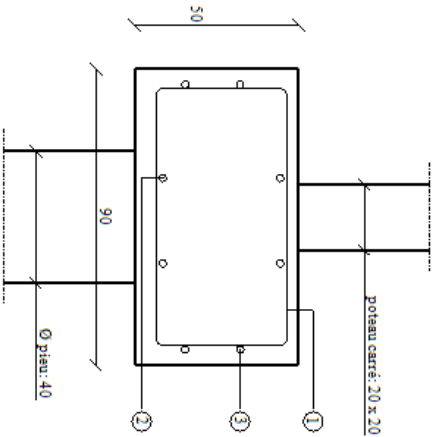
Les plans à l'échelle doivent être tirés directement depuis le logiciel via la commande imprimer.



Coupe suivant Y

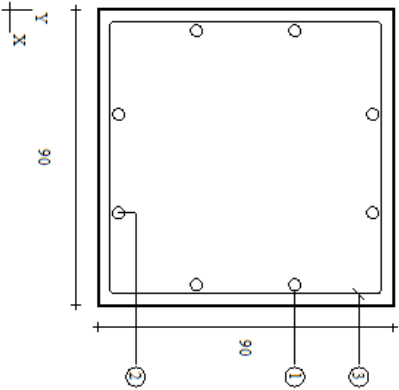


Coupe suivant X



Semelle S1

Elévation



NOMENCLATURE DES ARMATURES			
N°	Armatures	Forme	DM
1	2 cadres HA10 x 2,62	14 / 31	40 5,0
2	2 cadres HA10 x 2,58	14 / 31	38 5,0
3	2 cadres HA10 x 3,52	14 / 83	83 5,0