

Logiciel MécaSol

Calculette Géotechnique

Version 1.0

Manuel d'utilisation



Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

((Page laissée intentionnellement blanche ...))



Programme de calcul d'éléments géotechniques suivant les Eurocodes

Logiciel MécaSol version 1.0

1	Logiciel de calcul d'éléments géotechniques suivant les Eurocodes.....	9
1.1	Présentation	9
1.2	Limites du logiciel	9
1.3	Configuration minimale requise	9
1.4	Téléchargement et installation en Stand Alone	9
1.4.1	<i>Sous format fichier d'installation :</i>	10
1.4.2	<i>Sous format code sources :</i>	14
1.4.3	<i>Traitement de texte interne :</i>	15
1.5	Modules.....	15
2	Manuel d'utilisation	17
3	Formulaire d'accueil du logiciel	18
3.1	Généralité	18
3.2	Choix du calcul à opérer	18
3.3	Bouton « A propos... »	19
3.4	Bouton « Configuration »	19
3.4.1	<i>Onglet Général</i>	21
3.4.2	<i>Onglet Editeur</i>	22
3.5	Bouton « Aide »	22
4	Pieux – Calcul de la résistance structurelle de pieux en béton	23
4.1	Généralités	23
4.2	Onglet Entrée des données	23
4.3	Onglet Affichage des résultats.....	24
4.4	Eléments de calcul	25
4.5	Validation du programme.....	25
5	Pieux – Calcul de portance par la procédure modèle de terrain et essais pressiométriques	27
5.1	Généralités	27
5.2	Limites générales du logiciel.....	27
5.3	Généralités sur les données d'entrées	27
5.3.1	<i>Présentation générale des deux onglets d'entrée de données</i>	27
5.3.2	<i>Dispositions communes aux 2 onglets « Caractéristiques du pieu » et « Caractéristiques des sondages »</i>	28
5.4	Onglet n°1 – Caractéristiques du pieu	29
5.4.1	<i>La définition des côtes altimétriques applicables au pieu :</i>	29
5.4.2	<i>Techniques de mise en œuvre :</i>	30
5.4.3	<i>Catégorie équivalente pour la détermination de $\alpha_{pieu-sol}$ pour les pieux et micropieux de catégorie 17 et 18:</i> 31	31
5.4.4	<i>Non prise en compte de la résistance de pointe pour les micropieux</i>	31
5.4.5	<i>Surface et périmètre des éléments de fondation :</i>	32
5.4.6	<i>Abattement de 50% sur pieux de grande longueur</i>	32
5.4.7	<i>Abattement de 30% sur pieux vibrofoncés</i>	32
5.4.8	<i>Effet de groupe</i>	33
5.5	Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages - Sondage à moins de 5 m	34
5.5.1	<i>Présentation</i>	34
5.5.2	<i>Le choix du profil de valeurs renseignées pour le modèle de terrain</i>	34
5.5.3	<i>Les boutons</i>	35

5.5.4	<i>Le niveau de l'eau</i>	35
5.5.5	<i>Les tableaux des profils pressiométriques et lithologiques</i>	35
5.5.6	<i>Evaluation des tassements</i>	36
5.6	Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages – Valeurs caractéristiques	36
5.6.1	<i>Présentation</i>	36
5.6.2	<i>Profil de valeurs pressiométriques et lithologique renseignées</i>	37
5.6.3	<i>Autres items</i>	38
5.7	Affichage des courbes des sondages pressiométriques	38
5.7.1	<i>Pour procédure avec sondage à moins de 5 m</i>	38
5.7.2	<i>Pour procédure avec valeurs caractéristiques des couches de sol</i>	40
5.8	Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique en sondage moins de 5 m.....	41
5.9	Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique en valeurs caractéristiques.....	43
5.10	Vérification de la cohérence des données renseignées avant calcul	44
5.11	Eléments de modélisation du sol.....	45
5.11.1	<i>Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262</i>	45
5.11.2	<i>Valeurs caractéristiques du sol dans le cadre de la procédure Modèle de terrain</i>	46
5.11.3	<i>P*(z) profil des pressions limites nettes</i>	47
5.11.4	<i>Calcul de la pression limite nette équivalente ple*</i>	47
5.12	Eléments de modélisation et de calcul de pieux	48
5.12.1	<i>Type de pieu et géométrie autorisés</i>	48
5.12.2	<i>Profondeur et longueur du pieu</i>	52
5.12.3	<i>Surfaces et périmètres des éléments de fondation</i>	53
5.12.4	<i>Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De</i>	56
5.13	Procédures de calcul.....	57
5.13.1	<i>Généralités</i>	57
5.13.2	<i>Calcul du tassement</i>	57
5.13.3	<i>Calcul de l'effet de groupe</i>	58
5.14	Validation – Exemples de calcul	59
5.14.1	<i>Exemple n°1</i>	59
5.14.2	<i>Exemple n°2</i>	59
6	Pieux – Calcul de portance par la procédure Pieu Modèle et essais pressiométriques	61
6.1	Généralités	61
6.2	Données d'entrées.....	61
6.2.1	<i>Présentation générale des deux onglets d'entrée de données</i>	61
6.2.2	<i>Onglet n°1 – Caractéristique du pieu</i>	62
6.2.3	<i>Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages – Procédure Pieu Modèle</i>	63
6.3	Fichier de données d'un sondage pressiométrique.....	64
6.4	Eléments de modélisation du sol.....	65
6.4.1	<i>Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262</i>	65
6.4.2	<i>Valeurs caractéristiques du sol dans le cadre de la procédure Modèle de terrain</i>	65
6.4.3	<i>P*(z) profil des pressions limites nettes</i>	65
6.4.4	<i>Calcul de la pression limite nette équivalente ple*</i>	65
6.5	Eléments de modélisation et de calcul de pieux	65
6.5.1	<i>Type de pieu et géométrie autorisés</i>	65
6.5.2	<i>Profondeur et longueur du pieu</i>	65
6.5.3	<i>Surfaces et périmètres des éléments de fondation</i>	65
6.5.4	<i>Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De</i>	65
6.6	Procédures de calcul.....	66
6.6.1	<i>Généralités</i>	66
6.6.2	<i>Calcul des facteurs de corrélation ξ_3 et ξ_4</i>	66
6.6.3	<i>Calcul du tassement</i>	66
6.6.4	<i>Calcul de l'effet de groupe</i>	66
7	Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure modèle de terrain.....	67
7.1	Généralités	67
7.2	Limites générales du logiciel.....	67

7.3	Généralités sur les données d'entrées	67
7.3.1	Présentation générale des deux onglets d'entrée de données	67
7.3.2	Dispositions communes aux 2 onglets « Caractéristiques du pieu ».et « Caractéristiques des sondages ».	68
7.4	Onglet n°1 – Caractéristiques du pieu	68
7.4.1	<i>La définition des côtes altimétriques applicables au pieu :</i>	69
7.4.2	<i>Techniques de mise en œuvre :</i>	70
7.4.3	<i>Catégorie équivalente pour la détermination de $\alpha_{\text{pieu-sol}}$ pour les pieux et micropieux de catégorie 17 et 18:</i> 71	71
7.4.4	<i>Non prise en compte de la résistance de pointe pour les micropieux.....</i> 71	71
7.4.5	<i>Surface et périmètre des éléments de fondation :</i>	71
7.4.6	<i>Abattement de 50%.....</i> 71	71
7.4.7	<i>Abattement de 30% sur pieux vibrofoncés.....</i> 71	71
7.4.8	<i>Effet de groupe.....</i> 71	71
7.5	Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages	72
7.5.1	<i>Présentation</i> 72	72
7.5.2	<i>Les boutons.....</i> 72	72
7.5.3	<i>Le niveau de l'eau.....</i> 72	72
7.5.4	<i>Les tableaux des profils pénétrométriques et lithologiques</i> 73	73
7.5.5	<i>Pénétromètre statique comportant un cône avec jupe</i> 74	74
7.5.6	<i>Evaluation des tassements</i> 74	74
7.6	Fichier de données sous format txt pour profil pénétrométrique	74
7.7	Vérification de la cohérence des données renseignées avant calcul	77
7.8	Eléments de modélisation du sol.....	77
7.8.1	<i>Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262.....</i> 77	77
7.8.2	<i>Valeurs des caractéristiques pénétrométriques des couches des différentes catégories de sol rencontrés</i> 78	78
7.8.3	<i>Calcul de la résistance à la pénétration équivalente q_{ce}.....</i> 79	79
7.9	Eléments de modélisation et de calcul de pieux	79
7.9.1	<i>Type de pieu et géométrie autorisés</i> 79	79
7.9.2	<i>Profondeur et longueur du pieu</i> 79	79
7.9.3	<i>Surfaces et périmètres des éléments de fondation</i> 80	80
7.9.4	<i>Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De</i> 80	80
7.10	Procédures de calcul.....	80
7.10.1	<i>Généralités</i> 80	80
7.10.2	<i>Calcul du tassement</i> 80	80
7.10.3	<i>Calcul de l'effet de groupe</i> 81	81
7.11	Les Validation – Exemples de calcul	81
7.11.1	<i>Exemple n°1</i> 81	81
8	Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure Pieu Modèle	82
8.1	Généralités	82
8.2	Données d'entrées.....	82
8.2.1	<i>Présentation générale des deux onglets d'entrée de données</i> 82	82
8.2.2	<i>Onglet n°1 – Caractéristique du pieu.....</i> 83	83
8.2.3	<i>Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages – Procédure Pieu Modèle</i> 84	84
8.3	Fichier de données d'un sondage pénétrométrique	85
8.4	Eléments de modélisation du sol.....	85
8.4.1	<i>Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262.....</i> 85	85
8.4.2	<i>Valeurs des caractéristiques pénétrométriques des couches des différentes catégories de sol rencontrés</i> 86	86
8.4.3	<i>Calcul de la résistance à la pénétration équivalente q_{ce}.....</i> 86	86
8.5	Eléments de modélisation et de calcul de pieux	86
8.5.1	<i>Type de pieu et géométrie autorisés</i> 86	86
8.5.2	<i>Profondeur et longueur du pieu</i> 86	86
8.5.3	<i>Surfaces et périmètres des éléments de fondation</i> 86	86
8.5.4	<i>Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De</i> 86	86

8.6	Procédures de calcul.....	86
8.6.1	<i>Généralités</i>	86
8.6.2	<i>Calcul des facteurs de corrélation ξ_3 et ξ_4.....</i>	87
8.6.3	<i>Calcul du tassement</i>	87
8.6.4	<i>Calcul de l'effet de groupe.....</i>	87
8.7	Les Validation – Exemples de calcul	87
8.7.1	<i>Exemple n°1.....</i>	87
9	Caractéristiques du logiciel	88
9.1	Fonctionnalités par version	88
9.1.1	<i>Version 1.0.....</i>	88
9.2	Paradigme de codage	88
9.3	Utilisation du clavier numérique	89
9.4	Fiche propriété du Setup	89
10	Bibliographie	91

Avertissement :

Le présent document constitue le manuel d'utilisation du logiciel « MecaSol™ ».

Il ne s'agit aucunement d'un cours sur la mécanique des sols ou la Géotechnique. L'utilisateur est réputé connaître la géotechnique sans forcément être un Géotechnicien (ce logiciel s'adresse essentiellement aux ingénieurs structure bâtiment qui ont reçu un enseignement sur la géotechnique) et enfin être familier avec les dispositions de l'Eurocode. C'est la raison pour laquelle ce logiciel s'adresse, avant tout, à des projeteurs ou à des étudiants en cycle génie civil maitrisant leurs cours de géotechnique.

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

Il est complémentaire au logiciel « Semelle BA sur pieux EC2™ », présent sur le même site.

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 oubli. 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 corrigera cette coquille 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 !



Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

(Page laissée intentionnellement blanche ...)

1 Logiciel de calcul d'éléments géotechniques suivant les Eurocodes

1.1 Présentation

Le logiciel **MecaSol** permet le dimensionnement et/ou la vérification d'éléments géotechniques tels que fondation profonde sur pieux ou barrettes,

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

1.2 Limites du logiciel

Les modules de calculs sont indépendants les uns des autres. Les limitations sont spécifiques à chaque module.

Les limitations sont indiquées pour chaque module correspondant.

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

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

1.3 Configuration minimale requise

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

Il peut fonctionner sous système d'exploitation Windows 7 SP1® et 8® sous réserve que ces derniers disposent du Framework .Net version 4.6.1 en version française. Si ce n'est pas le cas, le logiciel d'installation ira le rechercher automatiquement sur le site de Microsoft, ce qui nécessite une connexion Internet.

Normalement, Windows 8® dispose de ce Framework, ce qui n'est pas forcément le cas pour Windows 7® SP1. Ce n'était pas le cas, par exemple, pour mon ordinateur de test se trouvant sous Windows 7 SP1®.

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

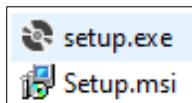
1.4 Téléchargement et installation en Stand Alone

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 « MecaSol™ » 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. Le logiciel est livré en « Open Source ». 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, vous pouvez le laisser dans votre répertoire de téléchargement, par exemple).

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 :

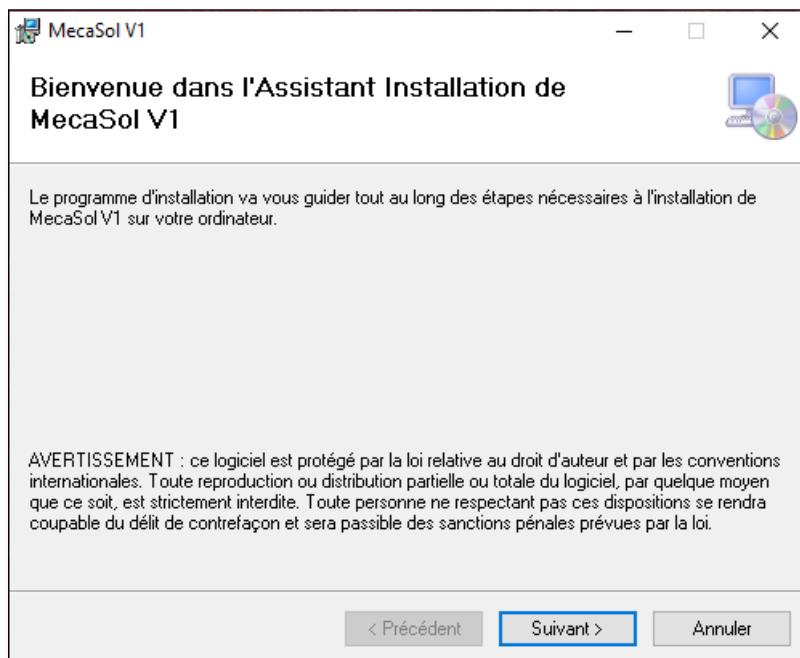


Figure 1-1 - Ecran initial de la séquence d'installation

Cliquez sur le bouton « Suivant ».

Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

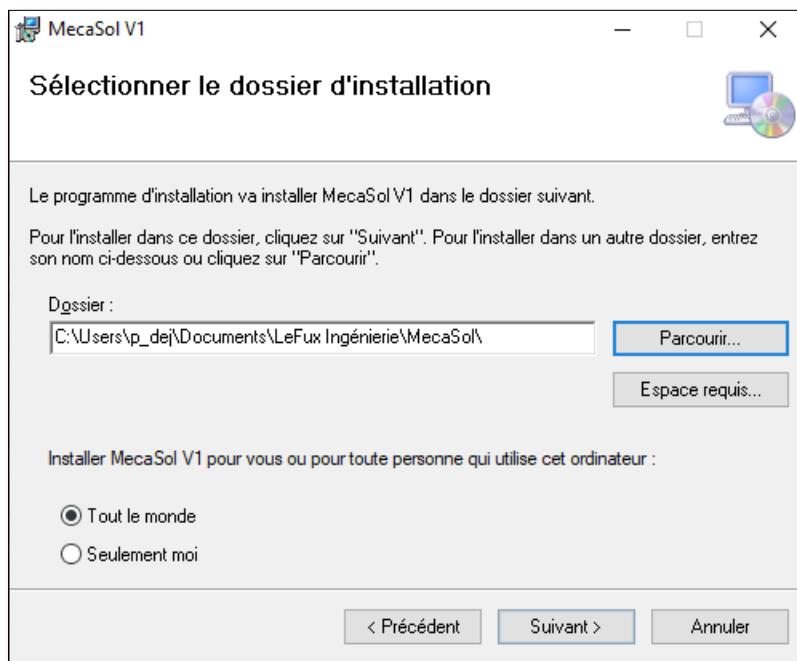


Figure 1-2 - Ecran pour sélectionner le répertoire d'installation

Préciser dans quel répertoire vous souhaitez installer le logiciel. Vérifier que pour ce répertoire, vous disposiez des droits Administrateur. 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 :

- 1^{ier} 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^{ième} sous-répertoire que vous intitulerez « MecaSol » (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\ MecaSol\ 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 ».

Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

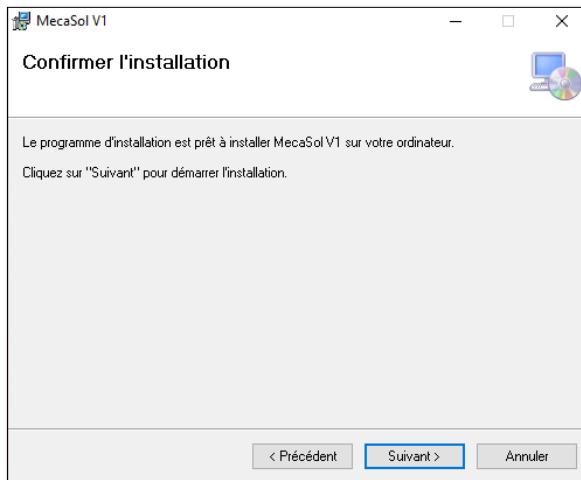


Figure 1-3 - Ecran de lancement de la séquence d'installation

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

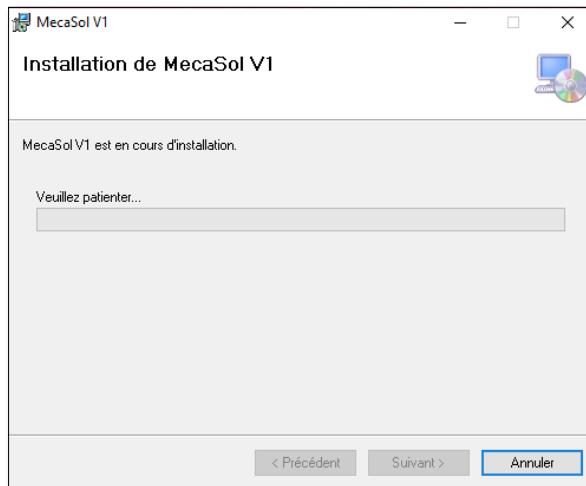


Figure 1-4 - Ecran de progression de l'installation

Rien d'autre à faire d'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.

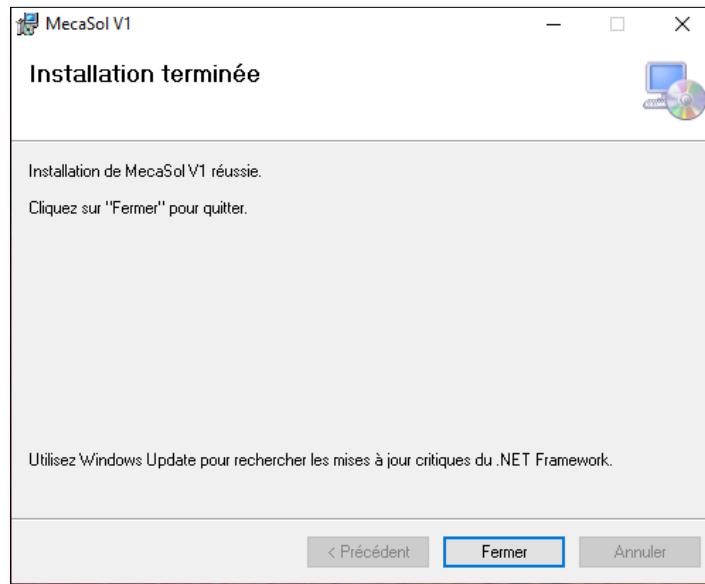


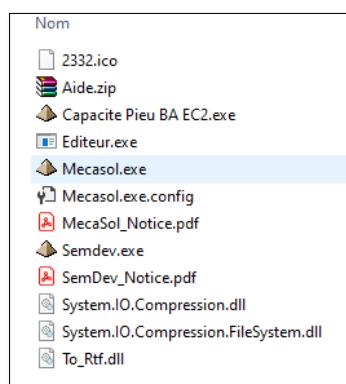
Figure 1-5 - Dernier écran

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 Administrateur 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.



Vue des fichiers mis en place
dans le répertoire à la suite de
la séquence d'installation.

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

Important :

Si les répertoires « Note_de_calcul », « Data » et « Aide » ne sont pas affichés (comme le montre la figure ci-dessus), ils vont automatiquement se créer lors de la 1^{ère} utilisation du logiciel MecaSol® (d'où l'importance d'avoir les droits Administrateur sur le répertoire où vous installez le logiciel).

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 MecaSol® 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 tache 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 componaient 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 taches. Cela explique la raison de l'apparition des logiciels « Poutre BA EC2 » et autres, dans l'image ci-contre.

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

Figure 1-8 - Raccourci dans la barre de tache

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 « MecaSol™ » et vous cliquez sur le bouton « Désinstaller ». Et la procédure de désinstallation démarrera.

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 6 projets :

- Projet « Capacite Pieu BA EC2» correspondant au logiciel «Capacite Pieu BA EC2™ »
- Projet « Editeur» correspondant à l' éditeur interne.
- Projet « MecaSol» correspondant au présent logiciel
- Projet « SemDev» correspondant au logiciel « SemDev™ »
- Projet « To_Rtf» correspondant à la dll Rtf permet d'écrire des fichiers au format rtf, capable d'être lus par des éditeur tel que Word™, ...
- 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 :

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 :
 - Aide : ce répertoire accueille toutes les feuilles d'aide.
 - Data : ce répertoire est vide pour l'instant. Mais le logiciel y placera les données que vous sauvegarderez au fur et à mesure de votre utilisation du logiciel.
 - 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 (année indifférente), gratuit sur le site de Microsoft, pour compiler et lancer l'exécution du logiciel.

Voir §9 - Caractéristiques du logiciel page 88 du présent manuel pour plus d'information.

1.4.3 Traitement de texte interne :

Le logiciel comprend un traitement de texte minimalist 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 Modules

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

- Pieux – Calcul de la résistance structurelle de pieux en béton
- Fondation sur pieux – Calcul de portance par la procédure Modèle de Terrain et essais pressiométriques
- Fondation sur pieux – Calcul de portance par la procédure Pieu Modèle et essais pressiométriques
- Fondation sur pieux – Calcul de portance par la procédure Modèle de Terrain et essais pénétrométriques
- Fondation sur pieux – Calcul de portance par la procédure Pieu Modèle et essais pénétrométriques
- Fondation superficielle - Calcul de contraintes de sol sous semelle rectangulaire soumise à une flexion déviée

Les calculs sont réalisés en conformité avec l'Eurocode 2 pour les éléments de structure en béton armé, l'Eurocode 7 et la NF P94-262 pour les fondations sur pieux. Suivant le cas, ces prescriptions peuvent être

complétées par des dispositions présentées dans la littérature technique quand cette dernière n'est pas opposable avec les documents officiels.

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

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

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



Figure 1-9 - Ecran d'accueil

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

2 Manuel d'utilisation

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

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

Pour éviter d'alourdir la notice, les exemples de calcul peuvent être reportés en annexe. Les exemples les plus simples figurent en fin du chapitre traitant du module.

Pour la version électronique de ce document, un lien hypertexte permet d'accéder à l'exemple directement.

Toutefois, les exemples les plus complets font l'objet de documents indépendant que vous trouverez sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, dans la rubrique « Exemples » dans la même page ou vous avez téléchargé le présent logiciel.

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

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

3 Formulaire d'accueil du logiciel

3.1 Généralité

Au lancement du logiciel, il apparaît, en premier lieu, la page de menu qui permet de vous orienter vers le calcul de votre choix.

Cette page se présente sous la forme ci-dessous :



3-1 – Menu général

Chaque bouton correspond à un module de calcul. Ainsi, si vous cliquez sur le bouton « Pieux - Calcul portance par modèle terrain et essais pressiométriques », vous allez activer la procédure de calcul de la portance de pieu par les essais pressiométriques suivant la procédure Modèle de Terrain.

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

Tous les boutons appellent un module de calcul sauf les boutons [« A propos.... »](#), [« Configuration »](#) et [« Aide »](#) qui sont génériques à l'ensemble du logiciel, et dont les fonctions sont rappelés ci-après..

3.2 Choix du calcul à opérer

La page d'accueil du logiciel permet au projeteur d'orienter son choix de calcul suivant les propositions répertoriés ci-dessous :

- Calcul de portance de pieu suivant les essais pressiométriques selon la procédure Modèle de terrain. Cf. [§5 - Pieux – Calcul de portance par la procédure modèle de terrain et essais pressiométriques](#)
- Calcul de portance de pieu suivant les essais pressiométriques selon la procédure Pieu Modèle. Cf. [§6 - Pieux – Calcul de portance par la procédure Pieu Modèle et essais pressiométriques](#)
- Calcul de portance de pieu suivant les essais pénétrométriques selon la procédure Modèle de terrain. Cf. [§7 - Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure modèle de terrain](#)
- Calcul de portance de pieu suivant les essais pénétrométriques selon la procédure Pieu Modèle. Cf. [§8 - Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure Pieu Modèle](#)
- Calcul de la capacité portante du pieu. Cf. [§4 - Pieux – Calcul de la résistance structurelle de pieux en béton](#)

- Calcul de la capacité structurale de pieux – Intégration dans la présente calculette géotechnique, du logiciel « standalone » Capacite Pieu BA EC2™.
- Calcul de contraintes de sol sous semelle rectangulaire soumise à une flexion déviée - Intégration dans la présente calculette géotechnique, du logiciel « standalone » « SemDev ». Le logiciel SemDev™. Ce logiciel bénéficie de sa propre notice d'utilisation à laquelle je vous renvoie. Vous la trouverez sur le même site

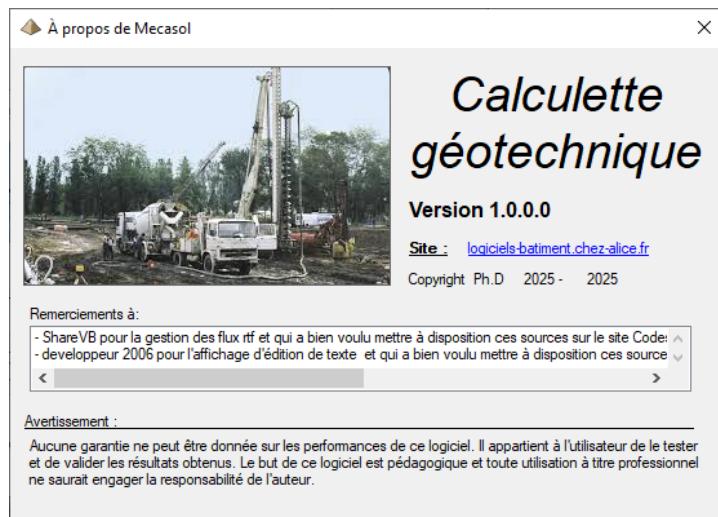
Chaque module de calcul est indépendant.

Chaque module de calcul fait l'objet du chapitre indépendant dans la présente notice.

3.3 Bouton « A propos... »

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

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



3-2 - Formulaire A propos

La présente notice indique, en général, à partir de quelle version, une fonctionnalité est disponible. Si aucune indication ne s'y trouve, reportez-vous au § 9.1 Fonctionnalités par version où se trouve la liste des modifications, version par version.

3.4 Bouton « Configuration »

Le bouton « Configuration » assure l'accès à un formulaire comportant plusieurs onglets et permettant de personnaliser certains éléments de votre logiciel, tels que le répertoire de sauvegarde de vos fichiers de données, le répertoire de stockage des notes de calculs, etc.

Ainsi, en cliquant sur le bouton « Configuration », vous faites apparaître le formulaire ci-dessous avec l'onglet « Général » toujours disposé en premier :

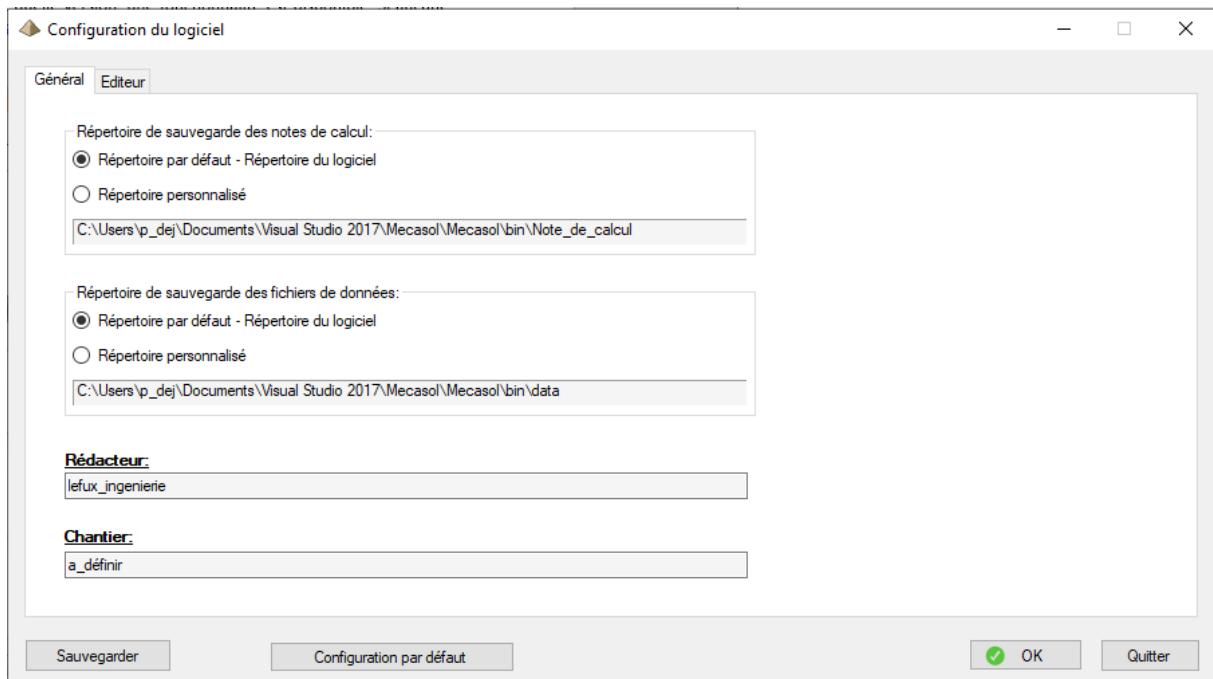


Figure 3-3 - Formulaire Configuration

Ce formulaire présente deux onglets :

- Onglet Général : concerne les répertoires par défaut pour les données de calcul et pour la note de calcul, ainsi que le Rédacteur et le nom du chantier
- Onglet Editeur : pour le choix de l'éditeur à partir duquel vous consultez la note de calcul.

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

Ce formulaire dispose de 4 boutons qui, de gauche à droite, assurent les fonctionnalités suivantes :

- Le bouton « Sauvegarde » qui permet d'enregistrer les nouvelles valeurs et de les sauvegarder dans un fichier dénommé « cfg_CalculetteMecaSol.ini » et qui se trouve dans le même répertoire que le fichier d'exécution du logiciel.
- Le bouton « Configuration par défaut » qui réinitialise les données affichées, avec les valeurs par défaut. Les données sont inscrites en dur dans le programme, ce qui permet de les conserver même en cas de crash du logiciel ou de la sauvegarde. Les valeurs par défaut, pour ce logiciel, sont les suivantes :
 - Répertoire par défaut des données de calcul : le répertoire d'installation du logiciel/data
 - Répertoire par défaut des notes de calcul : le répertoire d'installation du logiciel/Note_de_calcul
 - Rédacteur : LeFux_Ingenierie
 - Chantier : A_definir
 - Editeur : Editeur interne

Toutefois, ce bouton ne permet pas de sauvegarder les nouvelles données dans le fichier « cfg_CalculetteMecaSol.ini ». Pour cela, il vous faudra passer par le bouton « Sauvegarder ».

- Le bouton « OK » qui permet de prendre en compte les éléments renseignés et clôt le formulaire.
- Le bouton « Quitter » qui permet de ne pas prendre en compte les éléments renseignés et clôt le formulaire. Équivalent à la croix en haut, à droite du formulaire.

La différence entre le bouton « Ok » et le bouton « Sauvegarder » :

- Le bouton « OK » va inclure les données figurant dans le formulaire Configuration dans le fichier de sauvegarde des données de l'affaire et quitte le formulaire « Configuration » pour revenir au formulaire

« Menu ». Tant que le projeteur ne quitte pas le logiciel, ceux sont ces données qui seront utilisées pour les différentes notes de calcul réalisées dans la session.

- Le bouton « Sauvegarder » va inclure ces données dans le fichier « cfg_CalculetteMecaSol.ini ». Ce qui implique deux éléments :
 - Toutes les différentes notes de calcul réalisées dans la session, comprendront les nouvelles données renseignées.
 - Lorsque le projeteur quittera le logiciel et y reviendra quelques jours plus tard, les données renseignées la fois précédente, auront été conservées et seront de nouveau affichées dans le formulaire « Configuration ».

Par contre, le bouton « Sauvegarder » ne clôt pas le formulaire, il faut impérativement passer par les boutons « OK » ou « Quitter » pour quitter le formulaire.

Pour revenir à l'écran Menu, vous devez quitter le formulaire Configuration.

Le formulaire « Configuration » est accessible depuis :

1. Le Formulaire « Menu »
2. Un formulaire de module de calcul tel que « Portance pieu suivant essai pressiométrique par procédure pieu modèle » ou « Portance pieu suivant essai pénétrométrique par procédure modèle de terrain », etc....

Dans le cas n°1, si vous cliquez sur le bouton « OK », les modifications que vous aurez effectuées, ne seront pas prises en compte car aucun projet n'est en cours d'étude et donc le logiciel ne peut les affecter. Dans la barre de titre du formulaire Configuration, il apparaît la mention **Configuration du logiciel : [Aucun projet en cours]**.

Dans le cas n°2, un projet est en cours et, dans ce cas, les affectations sont possibles. Les modifications sont donc prises en compte. Toutefois, vérifiez bien la présence, dans le titre du formulaire, du titre du projet. S'il figure la mention **[Aucun projet en cours]**, aucune modification ne sera prise en compte, à l'identique du cas n°1.

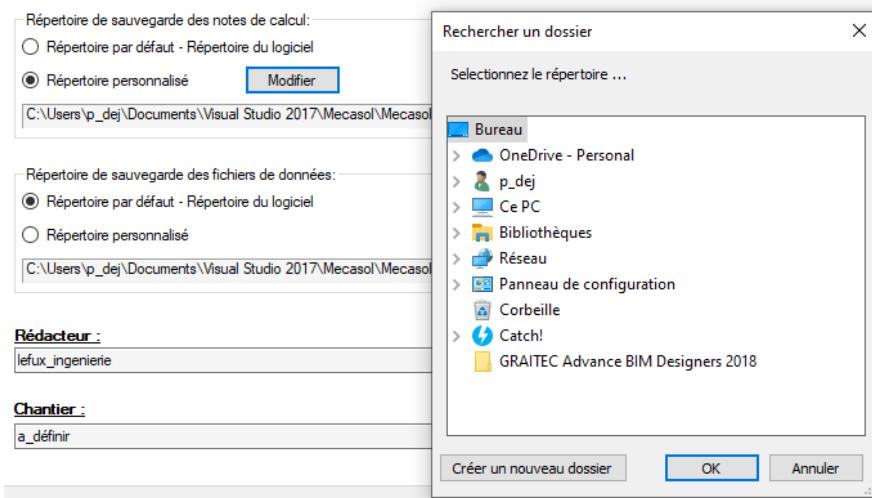
3.4.1 Onglet Général

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

Il présente les éléments suivants :

- Choix du répertoire dans lequel seront sauvegardés les fichiers des données de calculs. Il affiche soit le répertoire par défaut soit un autre répertoire suivant votre choix. Le chapitre ci-avant explique comment le logiciel vous donne la possibilité de sauvegarder dans un autre répertoire de votre choix.
- Choix du répertoire dans lequel seront sauvegardées les notes de calculs. Même possibilité que pour le répertoire précédent.
- Précision du rédacteur et du chantier pour intégrer ces renseignements dans la note de calcul.

Modification des chemins d'accès aux différents répertoires :



Lorsque vous cochez la coche « Répertoire personnalisé » (voir image ci-contre), il apparait à la droite de la coche, un bouton « Modifier ».

Si vous cliquez sur ce dernier, il apparait l'image ci-contre, à partir de laquelle il vous est possible soit d'aller chercher le bon répertoire (si ce dernier existe et que vous avez les droits d'accès), soit d'aller

créer un nouveau répertoire dans lequel vous sauvegarderez vos données.

La mise en œuvre des différents choix est indiquée au chapitre précédent.

3.4.2 Onglet Editeur

L'onglet se présente de la manière suivante :



Cet onglet affiche les différents éditeurs possible et coche celui que vous avez choisi, en l'occurrence ici, l'éditeur interne au logiciel.

Dans cette version logicielle, il offre le choix entre 3 éditeurs :

- L'éditeur interne au logiciel
- L'éditeur WordPad livré avec le système d'exploitation Windows (du moins, pour 7 à 10).
- L'éditeur Word, quel que soit la version.

Figure 3-4 - Onglet Editeur

L'éditeur sert à afficher la note de calcul générée par les différents modules de calcul du logiciel.

3.5 Bouton « Aide »



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

Figure 3-5 - Bouton Aide

Ce manuel est livré avec le logiciel au format pdf et peut donc être affiché avec un lecteur pdf sous réserve que votre ordinateur dispose de ce type de logiciel.

4 Pieux – Calcul de la résistance structurelle de pieux en béton

4.1 Généralités

Ce programme permet le calcul de la résistance structurelle de pieux suivant les dispositions de l'Eurocode 2 [6] de l'Eurocode 7[1] et de la norme NF P94-262[2].

Le programme se présente sous forme de 2 onglets :

- [Onglet d'entrée des données](#)
- [Onglet d'affichage des résultats](#)

Vous devez d'abord renseigner les données dans l'onglet « Données » puis aller dans l'onglet « Résultats » et cliquer sur le bouton « Afficher les résultats » pour faire apparaître ces derniers.

4.2 Onglet Entrée des données

L'onglet « Entrée des données » comporte tous les champs présentés dans l'image ci-dessous :

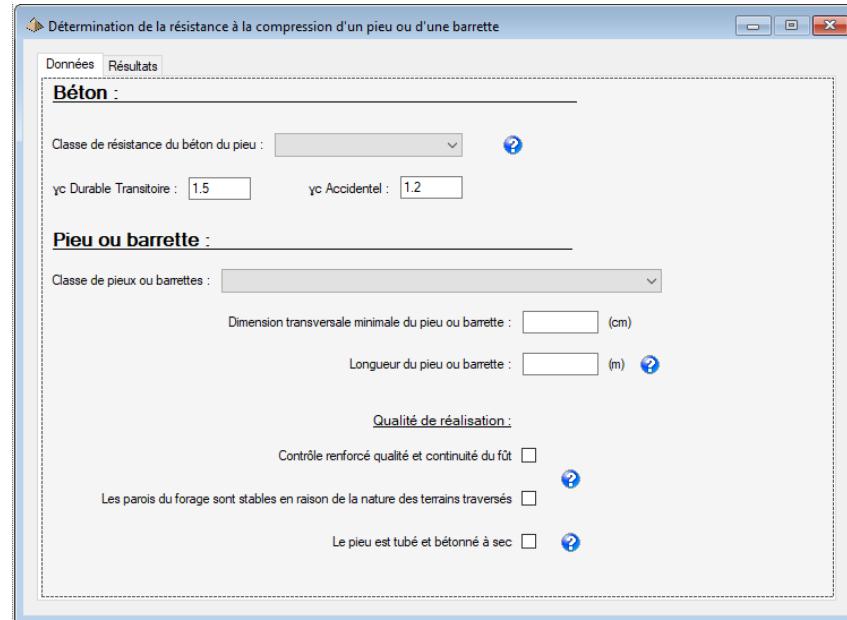


Figure 4-1 - Onglet complet d'entrée des données

Attention :

Certains champs peuvent ne pas apparaître en fonction du modèle de pieu renseigné.

Ainsi, les cases « Les parois du forage ... » et « Le pieu est tubé ... » apparaissent uniquement dans le cas de pieux forés comme l'autorise le paragraphe (5) de l'article 6.4.1 de la P94-262. Cela permet de minorer le coefficient k_1 et donc de majorer la résistance du béton.

Cette méthode de ne garder que les champs nécessaires, évite de surcharger l'interface avec des éléments inutiles.

surcharger l'interface avec des éléments inutiles.

Comme d'habitude, le bouton  permet d'afficher les précisions en rapport avec le champ.

Quelques éléments d'explications :

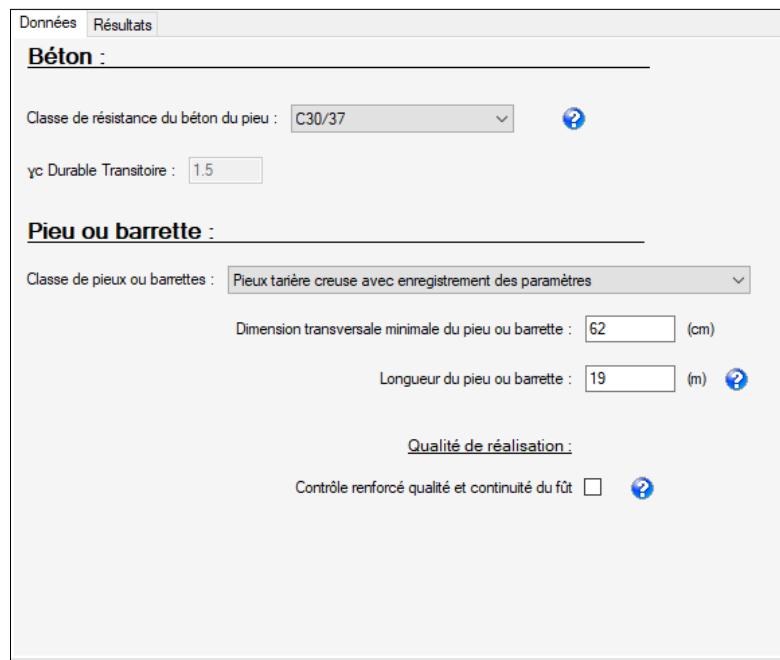
- Longueur du pieu : pris égal à la longueur enterré du pieu. Si l'élancement dépasse 20, majoration du coefficient k_1 et donc minoration de la résistance du béton.
- Contrôle renforcé : permet de minorer le coefficient k_2 et donc majorer la résistance du béton.
- Paroi de forage stable et/ou tubé et bétonné à sec : ne s'applique qu'au pieu foré, minoration du coefficient k_1 et donc majoration de la résistance du béton.
- Durabilité du béton : l'EN206-1 impose une classe de résistance minimale de C25/30 et la P94-264 impose un Cmax de 35 MPa (donc inutile de prendre une classe C50/60 et au-delà).

Une fois renseigné, avec les valeurs de l'exemple du §4.4 Eléments de calcul

Les calculs de résistance structurelle ont été établis suivant les dispositions figurant à l'article 6.4.1 de la P94-262 [2] pour des fondations profondes réalisées en place.

Ce logiciel ne peut pas s'appliquer à des pieux préfabriqués en béton.

Validation du programme ci-dessous, pour un pieu FB de 62 cm de diamètre, cela donne l'affichage suivant :



Béton :

Classe de résistance du béton du pieu : C30/37

y_c Durable Transitoire : 1.5

Pieu ou barrette :

Classe de pieux ou barrettes : Pieux tarière creuse avec enregistrement des paramètres

Dimension transversale minimale du pieu ou barrette : 62 (cm)

Longueur du pieu ou barrette : 19 (m)

Qualité de réalisation :

Contrôle renforcé qualité et continuité du fût :

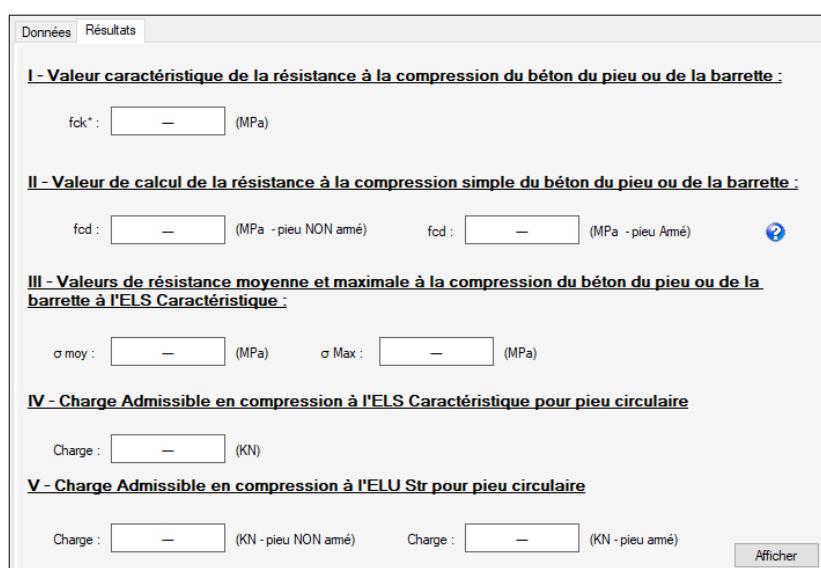
Comme indiqué ci-avant, certains items ont disparu car sans objet pour un pieu réalisé à la tarière creuse.

Dans le cas du pieu réalisé par tarière creuse, le nombre de données à renseigner est extrêmement réduit : le diamètre et la longueur enterré du pieu. Le contrôle renforcé est commun à l'ensemble des modèles de pieux et permet de bénéficier d'une valeur de résistance plus élevée.

Figure 4-2 - Pieu à la tarière creuse de 62 cm de diamètre

4.3 Onglet Affichage des résultats

L'onglet Affichage des résultats se présente sous la forme suivante lorsqu'aucun résultat n'a encore été affiché :



I - Valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton du pieu ou de la barrette :

f_{ck}^* : (MPa)

II - Valeur de calcul de la résistance à la compression simple du béton du pieu ou de la barrette :

f_{cd} : (MPa - pieu NON armé) f_{cd} : (MPa - pieu Armé)

III - Valeurs de résistance moyenne et maximale à la compression du béton du pieu ou de la barrette à l'ELS Caractéristique :

σ_{moy} : (MPa) σ_{Max} : (MPa)

IV - Charge Admissible en compression à l'ELS Caractéristique pour pieu circulaire

Charge : (KN)

V - Charge Admissible en compression à l'ELU Str pour pieu circulaire

Charge : (KN - pieu NON armé) Charge : (KN - pieu armé)

Afficher

Il est nécessaire de cliquer sur le bouton « Afficher les résultats » pour lancer le calcul et faire afficher les valeurs de résistance structurelle du pieu.

Contrairement à l'ELU, la norme P94-262 ne fait pas le distinguo entre pieu armé et non armé, la contrainte moyenne reste la même.

Figure 4-3 - Onglet vierge de résultats

Avec l'exemple indiqué au § précédent pour le pieu de 62 cm foré à la tarière creuse, cela donne l'affichage suivant :

Données	Résultats
I - Valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton du pieu ou de la barrette :	
fc _k :	21.16 (MPa)
II - Valeur de calcul de la résistance à la compression simple du béton du pieu ou de la barrette :	
fcd :	11.29 (MPa - pieu NON armé)
fcd :	14.11 (MPa - pieu Armé)
III - Valeurs de résistance moyenne et maximale à la compression du béton du pieu ou de la barrette à l'ELS Caractéristique :	
σ moy :	6.35 (MPa)
σ Max :	12.70 (MPa)
IV - Charge Admissible en compression à l'ELS Caractéristique pour pieu circulaire	
Charge :	1 916.87 (KN)
V - Charge Admissible en compression à l'ELU Str pour pieu circulaire	
Charge :	3 407.77 (KN - pieu NON armé)
Charge :	4 259.71 (KN - pieu armé)
<input type="button" value="Afficher"/>	

Figure 4-4 - Résultats calculés

4.4 Eléments de calcul

Les calculs de résistance structurelle ont été établis suivant les dispositions figurant à l'article 6.4.1 de la P94-262 [2] pour des fondations profondes réalisées en place.

Ce logiciel ne peut pas s'appliquer à des pieux préfabriqués en béton.

4.5 Validation du programme

Le programme a été validé avec le jeu d'instruction suivant :

Classe du béton : C30/37

2 types de pieu :

Pieu foré boue – classe 1 – catégorie 2 – abréviation : FB

Pieu à la tarière creuse avec enregistrement des paramètres – classe 2 – catégorie 6 – abréviation : FTC, FTCD

Longueur du pieu : 19m

Pour le pieu foré boue : pas de minoration du coefficient k1 via la stabilité de la paroi de forage ou bétonnage à sec

Eléments calculés « à la main » :

Type de fondation	[-]	Pieu FB			Pieu FTC		
Diamètre du pieu	[cm]	40	60	80	42	62	82
Fck*	[MPa]	20.07	21.98	21.98	19.49	21.16	21.16
σ _c _{moy} sans contrôle renforcé	[MPa]	6.02	6.59	6.59	5.85	6.35	6.35
σ _c _{moy} avec contrôle renforcé	[MPa]	7.22	7.91	7.91	7.01	7.62	7.62
Charge admissible ELS Caractéristique sans contrôle renforcé	[KN]	756.50	1864.24	3314.21	810.20	1916.87	3353.03

Charge admissible ELS							
Caractéristique avec contrôle renforcé	[KN]	907.80	2237.09	3977.05	972.24	2300.24	4023.63

Le programme détermine exactement les mêmes valeurs.

5 Pieux – Calcul de portance par la procédure modèle de terrain et essais pressiométriques

5.1 Généralités

Le logiciel permet le calcul de la portance de pieux suivant les essais pressiométriques par la procédure dite du Modèle de Terrain en conformité les dispositions de l'Eurocode 7[1] et de la norme NF P94-262[2].

Certaines parties de ce logiciel ont fait appel à des éléments figurant dans la littérature spécialisée en vue d'une clarification des concepts dont [3] et [4].

Je rappelle que le choix entre les deux procédures est opéré dans la page d'accueil du logiciel (Cf. § 3.1 Généralité et suivant).

Ce chapitre traite exclusivement de la partie de la procédure dite du « Modèle de Terrain ». Pour la procédure dite du « Pieu modèle », j'invite le lecteur à se rendre au §6 Pieux – Calcul de portance par la procédure Pieu Modèle et essais pressiométriques [page 61](#).

Certains éléments sont communs entre les deux procédures et pour éviter d'alourdir la présente notice, ces derniers figurent dans les paragraphes qui suivent. Les éléments exclusifs à la procédure « Modèle de Terrain » sont renvoyés aux paragraphes du chapitre 6.

Nota important :

Dans la suite du document, si ce dernier fait référence à une annexe ou à un chapitre sans autre précision, il s'agit toujours d'une annexe ou à d'un chapitre de la norme NF P94-262[2].

Rappel :

Dans les formulaires, vous verrez apparaître un ou plusieurs boutons portant cet icône . Ces derniers permettent, en cliquant dessus, d'afficher une aide en ligne en rapport avec l'item lui faisant face ou à proximité.

5.2 Limites générales du logiciel

Les limites générales, dans cette version logicielle, sont les suivantes :

- Pieux de bâtiments ou assimilés, les dispositions particulières aux pont n'ont pas été intégrées dans le logiciel.
- Dans cette version logicielle, les calculs se limitent à la compression axiale.
- Pas de frottement négatif sur le pieu
- Pas de pieux fondés en site aquatique
- Pieux uniquement en béton, béton armé ou acier
- Essais pressiométriques « Menard » conforme aux dispositions de la norme NF P94-110-1

D'autres limites peuvent apparaître et sont indiquées dans les chapitres correspondant.

5.3 Généralités sur les données d'entrées

5.3.1 Présentation générale des deux onglets d'entrée de données

Le logiciel se présente sous forme de 2 onglets :



Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

1. L'onglet n°1 qui permet de renseigner les caractéristiques géométriques et technologiques du pieu à calculer.
2. L'onglet n°2 qui permet de renseigner les caractéristiques des couches de sol pour la procédure dite « modèle de terrain » dans les 2 cas de figure proposés par la NF P94-262[2].
 - a. Pour le cas d'un sondage à moins de 5m
 - b. Pour le cas de valeurs caractéristiques renseignées directement

Le choix entre les 2 cas de figures est réalisé directement dans l'onglet n°2 – Voir § et §

De base, la présentation commence toujours par l'onglet n°1 comme le montre la figure ci-dessous.

The screenshot shows the 'Pieu_Terrain_Penetro' software interface. The main window title is 'Pieu_Terrain_Penetro'. The top menu bar has three tabs: 'Caractéristiques du Pieu', 'Caractéristiques des sondages - Procédure Pieu Modèle', and 'Caractéristiques des sondages - Procédure Modèle de terrain'. The 'Caractéristiques du Pieu' tab is active. The form contains the following fields:

- General:** Nom du pieu : [input field]
- Elevations:** Côtes supérieure et inférieure du pieu :
 - Côtes NGF
 - Côtes relativesCôte du terrain naturel : [input field] (m)
Côte de la tête du pieu : [input field] (m) Côte de la pointe du pieu : [input field] (m)
- Drilling:** Technique de mise en oeuvre : [dropdown menu]
Géométrie du forage : [dropdown menu]
- Tool Geometry:** Dimensions de l'outil de forage :
 - Diamètre : [input field] (cm)
 - Longueur du forage : [input field] (cm)
 - Valeur du pas R : [input field] (m/t)
 - Dimension df : [input field] (cm)
- Group Effect:** Effet de groupe :
 - Sans Objet - Les pieux sont éloignés entre eux de plus de 3 diamètres.
 - Avec effetmx : [input field] nx : [input field] dx : [input field] (m) 1 seule ligne
my : [input field] ny : [input field] dy : [input field] (m)
Checkboxes:
 - Section nominale de calcul du pieu est celle de l'outil de forage
 - Abattement de 50% sur frottement axial qs pour pieu de plus de 25m

At the bottom are buttons: Charger l'affaire..., Sauvegarder l'affaire..., Réinitialiser, Calcul, and Afficher la dernière note de calcul.

Figure 5-1 - Formulaire d'entrée de données

5.3.2 Dispositions communes aux 2 onglets « Caractéristiques du pieu ».et « Caractéristiques des sondages ».

La référence des côtes altimétriques Z est le 0 de la côte altimétrique du pieu. Ou, autrement dit, le 0 altimétrique du pieu doit correspondre au 0 altimétrique de l'échelle Z des mesures des pressions limites.

Si ce n'était pas le cas, exemple un fond de fouille à -1m en dessous du terrain naturel et la mesure pressiométrique réalisée à partir du terrain naturel vont donner un décalage de 1m par rapport à la réalité du pieu.

Il faudra donc rétablir la cohérence des mesures en décalant l'échelle des mesures pressiométriques de 1 m vers le haut.

5.4 Onglet n°1 – Caractéristiques du pieu

L'onglet n°1 peut comporter la totalité ou une partie des champs de renseignement figurant dans l'image ci-dessous, la visibilité de ces champs est fonction de la technologie du pieu utilisé

Figure 5-2 - Onglet Caractéristiques du pieu avec l'ensemble de ses champs

Comme la figure le montre ci-dessus, cet onglet comporte un nombre de champs de renseignement assez important. Pour autant, tous ne seront pas demandés. Cela dépendra du modèle de pieux et du type de configuration de fondation.

Les éléments ci-après vont préciser les données attendues pour chaque champ et le cadre dans lequel ils s'appliquent.

5.4.1 La définition des côtes altimétriques applicables au pieu :

Vous devez indiquer si les côtes du pieu sont en côtes absolues NGF ou côtes relatives.

Si vous renseignez en côtes NGF, un troisième champ apparaît pour indiquer la côte du terrain naturel (ou terrain d'assise ou plateforme de travail ou terrain de fond de fouille) Cette côte correspond à celle à partir de laquelle le pieu sera enterré. Cette côte est exigée pour permettre au logiciel de calculer la profondeur D et la partie du pieu qui sera au-dessus du sol (exemple pour micropieu, palplanche, etc. ...)

La longueur du pieu (L) et sa profondeur (D) sont déduites des côtes ci-dessous

Exemple en **côtes relatives** :

- Côte de la tête de pieu : 0.40 côte relative. Cela signifie que le pieu sera arrêté 40 cm au-dessus du terrain naturel (ou terrain d'assise ou terrain de fond de fouille). Cela peut s'avérer être le cas pour des micropieus ou des pieux métalliques en H battus. Dans ce cas, $L = D + 0.40m$.
- Côte de la tête de pieu : 0.00 côte relative. Cela signifie que le pieu sera arrêté au niveau du terrain naturel. Dans ce cas, $L = D$
- Important : cette côte ne peut jamais être négative. Cela n'aurait pas de sens physique (le pieu commencerait en dessous du terrain d'assise !)
- Côte de la pointe du pieu : 5.80 côte relative. Cela signifie que la pointe du pieu sera arrêtée 5.80 m en dessous de la tête de pieu. Cette côte relative est égale à la partie enterrée du pieu.

Exemple en **côtes absolues (NGF)** :

- Côte du TN : 336 côte NGF. Côte de la tête de pieu : 336.50 NGF et côte de la pointe du pieu : 326 côte NGF
- Cela signifie que la pointe du pieu sera arrêtée 10,5 m en dessous de la tête de pieu et 10 en dessous du TN. Ce qui donnera les valeurs suivantes :
 - Longueur du pieu : $L = 10,50m$
 - Profondeur du pieu : $D = 10 m$

Il ne peut pas y avoir de panachage : soit en côtes NGF soit en côtes relatives pour les 2 côtes.

5.4.2 Techniques de mise en œuvre :

Les techniques de mise en œuvre correspondent au type de pieu que le projeteur souhaite calculer : pieu foré boue, pieu à la tarière creuse, micropieus, etc. ...

Classe	Catégorie	Technique de mise en œuvre	Abréviation	Norme de référence
1	1	Foré simple (pieux et barrettes)	FS	NF EN 1536
	2	Foré boue (pieux et barrettes)	FB	
	3	Foré tubé (virole perdue)	FTP	
	4	Foré tubé (virole récupérée)	FTR	
	5	Foré simple ou boue avec rainurage ou puits	FSR, FBR, PU	
2	6	Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation	FTC, FTCD	NF EN 1536
3	7	Vissé moulé	VM	NF EN 12699
	8	Vissé tubé	VT	
4	9	Battu béton préfabriqué ou précontraint	BPF, BPR	NF EN 12699
	10	Battu enrobé (béton – mortier – coulis)	BE	
	11	Battu moulé	BM	
	12	Battu acier fermé	BAF	
5	13	Battu acier ouvert	BAO	NF EN 12699
6	14	Profilé H battu	HB	NF EN 12699
	15	Profilé H battu injecté	HBi	
7	16	Palplanches battues	PP	NF EN 12699
1 bis	17	Micropieu type I	M1	NF EN 1536/14199/12699
	18	Micropieu type II	M2	
8	19	Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)	PIGU, MIGU	NF EN 1536/14199/12699
	20	Pieu ou micropieu injecté mode IRS (type IV)	PIRS, MIRS	

Les techniques de mise en œuvre sont celles reconnues par le tableau A.1 de l'annexe A. Dans le cas où vous souhaiteriez utiliser ce logiciel pour le calcul d'un pieu relevant d'un technologie non reconnue par la NF P94-262^[2], il conviendra de le rattacher à une catégorie du tableau ci-contre.

La technique de mise en œuvre est choisie conformément au tableau ci-contre (tableau A.1 de l'annexe A)

Ainsi, si le projeteur décide la mise en œuvre de pieux forés à la tarière creuse, ce dernier sera classé en classe 2, catégorie 6 et abréviation FTCD.

Figure 5-3 - Tableau A.1 de l'annexe A de la NF P94-262

5.4.3 Catégorie équivalente pour la détermination de $\alpha_{\text{pieu-sol}}$ pour les pieux et micropieux de catégorie 17 et 18 :

Suivant la note (b) du tableau F.5.2.1 de l'annexe F, pour les pieux et micropieux de catégorie 17 et 18, il convient de considérer les valeurs de frottement axial unitaire des techniques de pieux ou micropieux les plus proches sur le plan de la technologie.

C'est la raison pour laquelle, le logiciel demande l'assimilation à une catégorie équivalente. Il n'est fait aucune vérification sur la catégorie désignée, cette désignation restant sous la responsabilité du projeteur.

5.4.4 Non prise en compte de la résistance de pointe pour les micropieux

Conformément aux commentaires de la norme NF P94-262, sur le choix du facteur de portance Kpmax (ou Kcmax pour les essais au pénétromètre statique), le logiciel n'évalue pas la résistance de pointe des micropieux soit les pieux de catégorie 17 à 20 suivant le tableaux A.1 de la NF P94-262 ([voir tableau ci-avant](#)).

[Prise en compte de la résistance de pointe](#) 

Toutefois, le logiciel offre la possibilité de prendre en compte la résistance de pointe des micropieux, en laissant la liberté au projeteur de cocher la case ci-contre.

Ainsi, si vous souhaitez forcer la prise en compte de la résistance de pointe, il vous faudra cocher cette case.

De plus, si la norme devait évoluer ou des mises en œuvre particulière être mise en place, cette coche pourra être amenée à évoluer.

5.4.5 Surface et périmètre des éléments de fondation :

Suivant l'article A.10 de l'annexe A de la NF P94-262, la surface Ab et le périmètre P à prendre en compte pour le calcul des résistances limites des pieux sont déterminées à partir des valeurs nominales des outils de forage permettant leur réalisation.

Dimensions de l'outil de forage :	
Largeur du forage :	<input type="text"/> (cm)
Longueur du forage :	<input type="text"/> (cm)

Figure 5-4 - Dimensions du forage

En conséquence, le logiciel demande directement les dimensions de cet outil pour pouvoir faire les calculs de résistance de pointe et de frottement.

Dans le cas de la figure ci-contre, les dimensions demandées correspondent à celle d'une barrette (profil rectangulaire). Pour un pieu circulaire, un seul

champ serait affiché portant sur le diamètre du forage.

La largeur du forage est toujours la dimension la plus petite du forage.

5.4.6 Abattement de 50% sur pieux de grande longueur

Pour certains types de pieux, il peut apparaître la coche suivante :

Abattement de 50% sur frottement axial qs pour pieu de plus de 25m 

Cet abattement s'applique uniquement à la résistance de frottement axial.

Dans le cas où le type de pieu (Cf. [§5.4.2 Techniques de mise en œuvre : ci-dessus](#)) est concerné par cet abattement, cette coche devient visible et la case à cocher correspondante est systématiquement cochée car c'est une obligation de la norme. Toutefois, je laisse la possibilité au projeteur de la décocher et donc, de ne pas appliquer cette obligation, pour le cas, par exemple, où il serait mis en œuvre un pieu bénéficiant d'un avis technique permettant d'outre passer cette obligation.

Extrait de l'article F.5.2(6) de la NF P94-262 :

(6) Pour les fondations profondes de grande longueur visées au tableau F.5.2.1 (signe ##), avec les sols correspondants, on appliquera un abattement de 50 % sur la valeur de frottement déduite de l'application des différents tableaux et figures sur les sections de pieu situées à 25 m ou plus au-dessus de la pointe.

Cela concerne les pieux de catégories 1, 2 et 5 soit Foré Simple (FS), Foré Boue (FB) et Foré Simple ou Boue avec rainurage ou Puits (FSR, FBR et PU).

5.4.7 Abattement de 30% sur pieux vibrofoncés

Pour les types de pieux BAO, HB et PP, il apparaît la coche suivante :

Abattement de 30% sur frottement axial qs pour pieu de type BAO, HB et PP 

Cet abattement s'applique uniquement à la résistance de frottement axial.

Dans le cas où le type de pieu (Cf. [§5.4.2 Techniques de mise en œuvre : ci-dessus](#)) est concerné par cet abattement, cette coche devient visible.

La note en rapport au tableau F.5.2.1 demande de faire un abattement de 30% sur les valeurs de qs (frottement axial unitaire) pour les pieux de type BAO, HB et PP mis en œuvre par vibrofonçage et non par battage.

5.4.8 Effet de groupe

Le logiciel est en mesure de calculer l'effet de groupe dans le cas où la fondation repose sur un groupe de pieux et que ces derniers ne soient pas suffisamment éloignés. Voir [§7.11.1 Exemple n°1](#)

Certaines contraintes s'imposent pour la prise en compte de cet effet de groupe :

- Ensemble des pieux identiques circulaires ou carrés
- Répartition symétrique des pieux : dx identique pour tous les intervalles dx, de même pour dy. Toutefois, dx peut être différent de dy, le logiciel établira le cas le plus défavorable.
- La fondation doit avoir 2 axes de symétrie : suivant X et suivant Y. Ainsi, le nombre de pieux par ligne est identique, le nombre de pieux par colonne est identique.

Effet de groupe :

Sans Objet - Les pieux sont éloignés entre eux de plus de 3 diamètres. Avec effet [?](#)

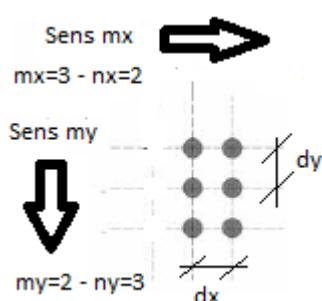
mx :	<input type="text"/>	nx :	<input type="text"/>	dx :	<input type="text"/> (m)	<input type="checkbox"/> 1 seule ligne
my :	<input type="text"/>	ny :	<input type="text"/>	dy :	<input type="text"/> (m)	

Si vos pieux ont une distance d'entraxe de moins de 3 diamètres, vous devez spécifier l'effet de groupe.

Pour se faire vous devez préciser :

- Indiquer si votre file de pieux est répartie sur une seule ligne. Dans ce cas, seules les valeurs mx, nx et dx seront à renseigner.
- Si la case à cocher « 1 seule ligne » est décochée, vos pieux sont répartis dans les 2 sens X et Y et vous devrez donc renseigner les 2 lignes illustrées ci-dessus.

Les définitions sont les suivantes :

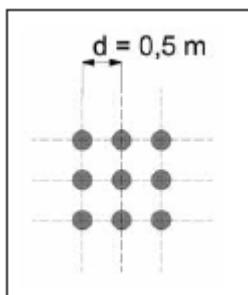


- Ligne X :
 - mx : nombre de lignes de pieux
 - nx : nombre de pieux par ligne
 - dx : entraxe des pieux (en m)
- Lignes Y :
 - my : nombre de lignes de pieux
 - ny : nombre de pieux par ligne
 - dy : entraxe des pieux (en m)

Ainsi, dans l'image ci-dessus, je constate :

- 3 lignes de 2 pieux chacune allant dans le sens X d'où mx=3 et nx=2
- 2 lignes allant dans le sens Y et comportant chacune 3 pieux d'où my=2 et ny=3

L'exemple ci-dessous est tiré de la validation [§7.11.1 Exemple n°1](#) en page 81 du présent document.



Avec l'exemple de répartition des 9 pieux ci-contre, nous aurons les valeurs suivantes :

Ligne X :

$$mx = 3 : nx = 3 : dx = 0.50 \text{ m}$$

Ligne Y :

$$my = 3 : ny = 3 : dy = 0.50 \text{ m}$$

La fondation étant symétrique, nous avons les mêmes valeurs pour l'ensemble des données.

Voir §5.13.3 - Calcul de l'effet de groupe [page 58](#) du présent document pour plus de précisions sur le mode de calcul réalisé par le logiciel.

5.5 Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages - Sondage à moins de 5 m

5.5.1 Présentation

L'onglet se présente de la façon suivante, une fois renseigné (Exemple n°1 – Voir notice de validation du logiciel) :

Caractéristiques du Pieu Caractéristiques des sondages - Procédure Modèle de terrain

Détermination du profil de valeurs renseignées pour le modèle de terrain :

Sondage à moins de 5 m de l'appui (cf. note 2 Art. 8.5.2(3) NF P94-262) Valeurs caractéristiques du modèle de terrain [?](#)

Profil pressiométrique				Profil lithologique				
	Z (m)	Em (MPa)	Pf* (MPa)		Z toit (m)	Z base (m)	Lithologie	Classe de Sol
▶	1	41,3	0,46	0,52	0	2	complexe limono sableux brunatre	Remblai
	2,5	32,1	0,47	0,55	2	3	mame beige tendre	Argiles et limons
	4	50,6	0,52	0,6	3	8,6	argile verdâtre	Sols intermédiaires de classe 1
	5,5	19,7	0,48	0,63	8,6	13,1	mame blanchâtre tendre	Sols intermédiaires de classe 2
	7	45,1	0,48	0,63	13,1	20	mame gris bleuté tendre	Sables et graves
	8,5	21,6	0,83	1,13	20	25,3	mame gris bleuté compacte	Marnes et calcaires mameux
	10	32,7	1,04	1,3	*			
	11,5	35	1,04	1,31				
	13	21,8	0,89	1,16				
	14,5	22,3	0,72	1,12				
	16	30,9	0,91	1,17				
	17,5	40,6	0,88	1,15				

[Charger le profil pressiométrique depuis un fichier](#) [Affichage Profil](#)

Altimétrie de la nappe d'eau rencontrée :

Aucune nappe d'eau rencontrée Nappe d'eau reconnue Altimétrie de la nappe d'eau : (m) [?](#)

Figure 5-5 - Onglet valeurs pressiométriques suivant la procédure Modèle de terrain – Sondage 5 m

Cet onglet, présenté ci-dessus, n'a pas encore été renseigné, sauf pour la partie coche de détermination du profil de sondage (voir ci-dessous). Cette partie fait partie des variables initialisées par le logiciel.

5.5.2 Le choix du profil de valeurs renseignées pour le modèle de terrain

Le logiciel choisit, de base, l'option « Valeurs caractéristiques du modèle de terrain ».

Que ce soit l'une ou l'autre option cochée (« moins de 5 m ... »), cela n'a aucune incidence sur le mode de calcul.

Toutefois, comme vous pouvez le voir au §5.6 Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages – Valeurs caractéristiques Elle permet simplement, dans la note de calcul, de rappeler à quel profil correspondent les valeurs pressiométriques : valeurs caractéristiques ou sondage pressiométrique réalisé à moins de 5 m de l'implantation définitive du pieu.

Le logiciel demande le renseignement du profil utilisé :

- Sondage à moins de 5 m de l'appui (cf. note 2 Art. 8.5.2(3) NF P94-262).
- Valeurs caractéristiques du modèle de terrain, intégrant la précision si les pressions limites renseignées sont des pressions limites nettes ou des pressions limites moyenne

Ceci, uniquement à titre de rappel dans la note de calcul.

Cela n'a aucune incidence sur la méthode de dimensionnement de la portance du pieu, mais sur la valeur finale de la portance car dans le 1^{er} cas, tous les points de sondages sont valorisés alors que dans le 2nd cas, il n'est tenu compte que de la pression limite nette de la couche.

Voir §[5.11.2](#) Valeurs caractéristiques du sol dans le cadre de la procédure Modèle de terrain

5.5.3 Les boutons

Cet onglet affiche aussi 2 boutons :

Charger le profil pressiométrique depuis un fichier

Ce bouton permet de charger le profil pressiométriques constitués de n valeurs depuis un fichier txt. Cela permet de renseigner les valeurs numériques et littérales de manière plus rapide que de devoir les renseigner cellules par cellules dans les 2 tableaux du formulaire.

La réalisation du fichier de profil pressiométrique est indiquée au [§5.8](#) Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique **ci-dessous**. Ce chapitre précise la forme et les données devant figurer dans ce fichier pour être exploitable par le présent logiciel.

Affichage Profil

Ce bouton permet d'afficher, sur un écran dédié, les courbes pressiométriques que vous avez renseignées précédemment. Cela permet de vérifier visuellement la forme des courbes et repérer éventuellement une erreur dans les données introduites.

Voir [§5.7 Affichage des courbes des sondages pressiométriques page 38](#) pour plus de précisions.

5.5.4 Le niveau de l'eau

Si aucune nappe n'a été rencontrée ou aucune venue d'eau constatée, il suffit de cocher « Aucune venue d'eau rencontrée ».

Sinon, il s'agit d'indiquer, sur le profil du sondage, la profondeur à laquelle a été rencontrée la nappe d'eau ou des venues d'eau si le géotechnicien estime que ces dernières sont de nature à modifier les valeurs géotechniques du sol. Le logiciel laisse le libre choix au projeteur.

Si le niveau d'eau ne modifie pas le calcul de la valeur de portance, il peut toutefois modifier les valeurs de pression limite, ce qui, in fine, a une répercussion sur cette dernière.(Cf. [§5.11.3](#) $P^*(z)$ profil des pressions limites nettes).

Pour des raisons de simple codage informatique, vous verrez peut-être dans les fichiers txt de données, la valeur 1001 face au niveau d'eau. Cette valeur numérique signifie simplement au logiciel qu'aucune venue d'eau n'a été rencontrée dans le sondage faisant l'objet du présent fichier – Voir précision dans le [§5.8](#)

5.5.5 Les tableaux des profils pressiométriques et lithologiques

5.5.5.1 Le tableau du profil pressiométrique

Ce tableau comprend 4 colonnes :

- La profondeur Z du sondage, en mètre, par rapport à la surface du sol, à laquelle ont été réalisées les 3 mesures ci-dessous.

- La valeur du module pressiométrique E_m , en MPa
- La pression de fluage, p_f^* en MPa
- La pression limite nette, p_l^* en MPa. Voir [§5.11.3 \$P^*\(z\)\$ profil des pressions limites nettes](#) pour plus de précisions.

Je rappelle que toutes ces valeurs sont extraites du rapport géotechnique et que le logiciel n'exécute aucun traitement sur ces valeurs.

Dans ce module, le logiciel n'exploite que les 2 données suivantes :

- La profondeur Z
- La pression limite nette, p_l^*

5.5.5.2 Le tableau du profil lithologique

Les différentes couches de sol sont indiquées de la surface vers la profondeur. La 1^{ère} couche de sol sera donc celle au contact de la surface et comprenant cette dernière si nécessaire. Il peut arriver certaines fois, par simplification, que l'on confonde la hauteur de terre végétale avec le remblai en dessous et que l'on intègre cette dernière dans le remblai.

Ce tableau comprend 4 colonnes :

- La profondeur du toit de la couche ou altimétrie haute de la couche soit celle la plus proche de la surface. Elle doit donc avoir une valeur numérique plus petite que la valeur numérique suivante, celle de la base de la couche. Le logiciel vérifie cette inéquation et identifie une erreur si la valeur de la base est supérieure à la valeur du toit. Le repère 0 ou la valeur origine est la surface du sol. La première couche de sol a donc sa profondeur de toit égale à 0.
- Une valeur numérique indiquant la profondeur de la base de la couche de sol ou altimétrie basse de la couche soit celle la plus éloignée de la surface. Important : la dernière valeur correspond à la valeur de l'arrêt de reconnaissance de sol.
- Le type de sol : le format est libre. Voir [l'exemple ci-dessus](#) pour le type d'indication
- La classe du sol sous forme de valeur numérique comprise entre 0 et 6. Ceux sont les 6 catégories conventionnelles définies au chapitre suivant, [§5.11.1Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262](#).

Les profondeurs sont des valeurs numériques positives et altimétrie toit < altimétrie base

5.5.6 Evaluation des tassements

[Evaluation des tassements suivant dispositions du §L.2](#)



Le logiciel propose l'évaluation des tassements du pieu en cochant la case ci-contre.

Les résultats du calcul seront affichés dans l'avant-dernier paragraphe de la note de calcul.

Voir [§5.13.2 - Calcul du tassement](#) pour plus de détails.

5.6 Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages – Valeurs caractéristiques

5.6.1 Présentation

Dans le cadre de valeurs caractéristiques, un seul tableau doit être renseigné au lieu de deux dans le cadre du sondage.



Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

L'onglet se présente de la manière suivante, une fois renseigné (tiré de l'exemple n°2 – Voir livret de validation du logiciel):

	Z toit (m)	Z base (m)	P1 (MPa)	Lithologie	Classe de Sol
►	0	1.6	0	Remblai	Remblai
	1.6	6.5	0.7	Argiles vertes	Argiles et limons
	6.5	10.4	1.1	Marnes de Pantin	Marnes et calcaires mameux
	10.4	22.4	1.5	Marnes d'argenteuil	Marnes et calcaires mameux
*					

Figure 5-6 - Onglet Caractéristiques des sondages - Valeurs caractéristiques du modèle de terrain

Image tiré de l'exemple n°2 (voir livret Validation du logiciel) montrant la modélisation d'une couche lithologique par une seule valeur de pression limite avec le cas complémentaire où les pressions limites attachées à chaque couche sont des pressions limites moyennes (Pl) et non des pressions limites nette (Pl*)

5.6.2 Profil de valeurs pressiométriques et lithologique renseignées

Dans le cadre de l'option « Valeur caractéristiques », le logiciel n'affiche qu'un seul tableau réunissant les valeurs de pression limite et de classe de sol.

En effet, dans le cadre de la procédure du Modèle de terrain, nous n'avons qu'une seule pression limite à renseigner par couche lithologique. La [Figure 5-6 ci-dessus](#) est un exemple de ce mode de renseignement.

Toutefois, ce mode de renseignement appelle une subtilité en raison de la différence entre les pressions limites nette (Pl*) et les pressions limites moyennes (Pl).

En base, le tableau demande à être renseigné avec les pressions limites nette (Pl*). Mais le rapport géotechnique peut ne donner que les pressions limites moyennes (Pl) par couche lithologique. Dans ce cas, le logiciel offre la possibilité de renseigner dans le tableau de profil pressiométrique, directement, les pressions limites moyennes (Pl) par couche lithologique en ayant bien pris la précaution de cocher la coche Pl moyen.

Le logiciel est en mesure de transformer les valeurs de pressions limites moyennes en pressions limites nette. Cette transformation est expliquée au [§5.11.4 Calcul de la pression limite nette équivalente ple*](#)

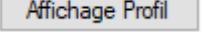
Même si cet onglet ne comporte qu'un seul tableau, les définitions des colonnes du tableau sont rappelées au [§5.5 ci-dessus](#).

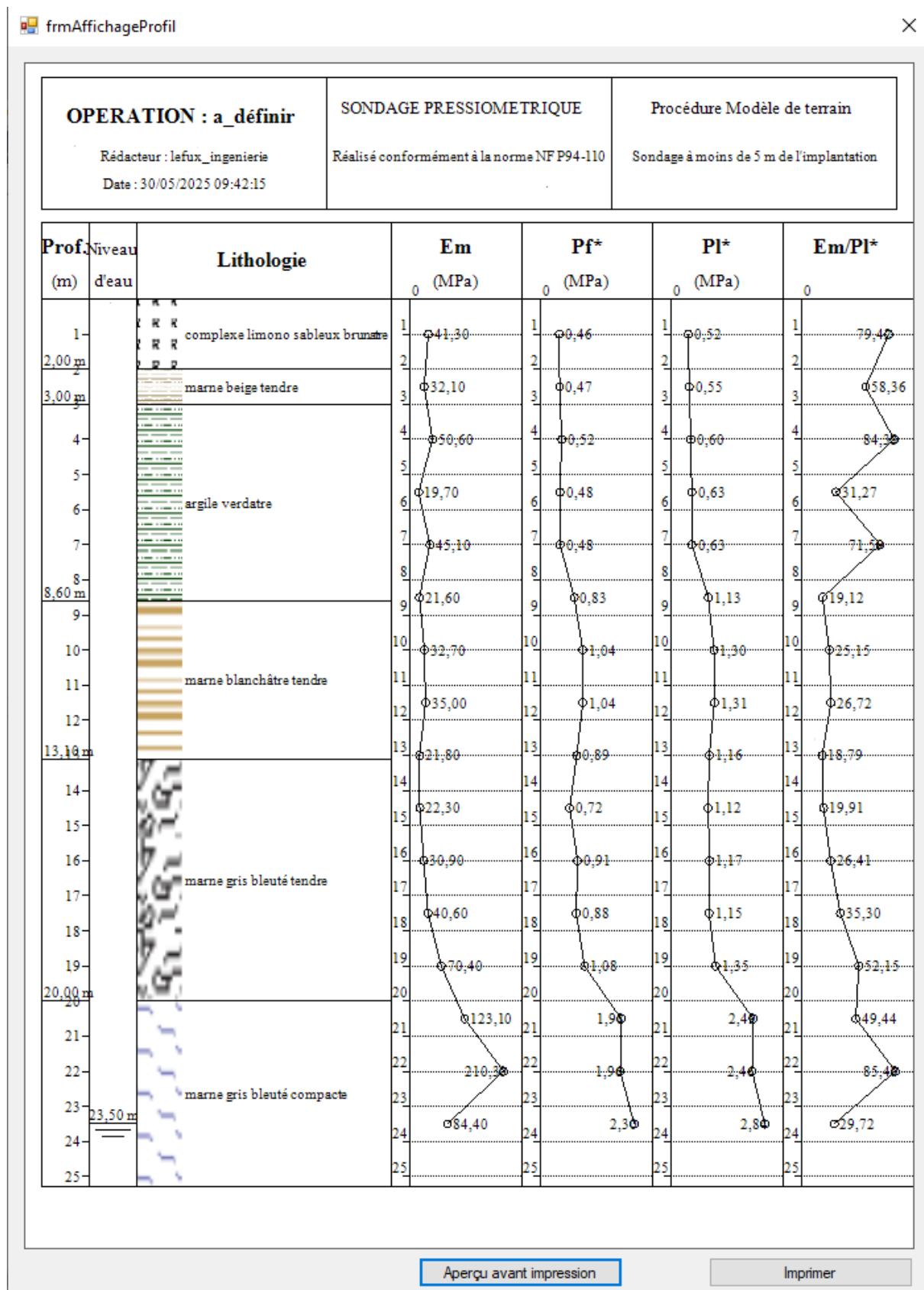
5.6.3 Autres items

Les définitions des autres items de cet onglet sont identiques à celui concernant le « Sondage à moins de 5m ... » et je renvoie le lecteur au §[5.5 ci-dessus](#) pour toutes informations et pour éviter les redites.

5.7 Affichage des courbes des sondages pressiométriques

5.7.1 Pour procédure avec sondage à moins de 5 m

Ces courbes peuvent être affichées en cliquant sur le bouton  se trouvant sur l'onglet « Caractéristiques des sondages ».

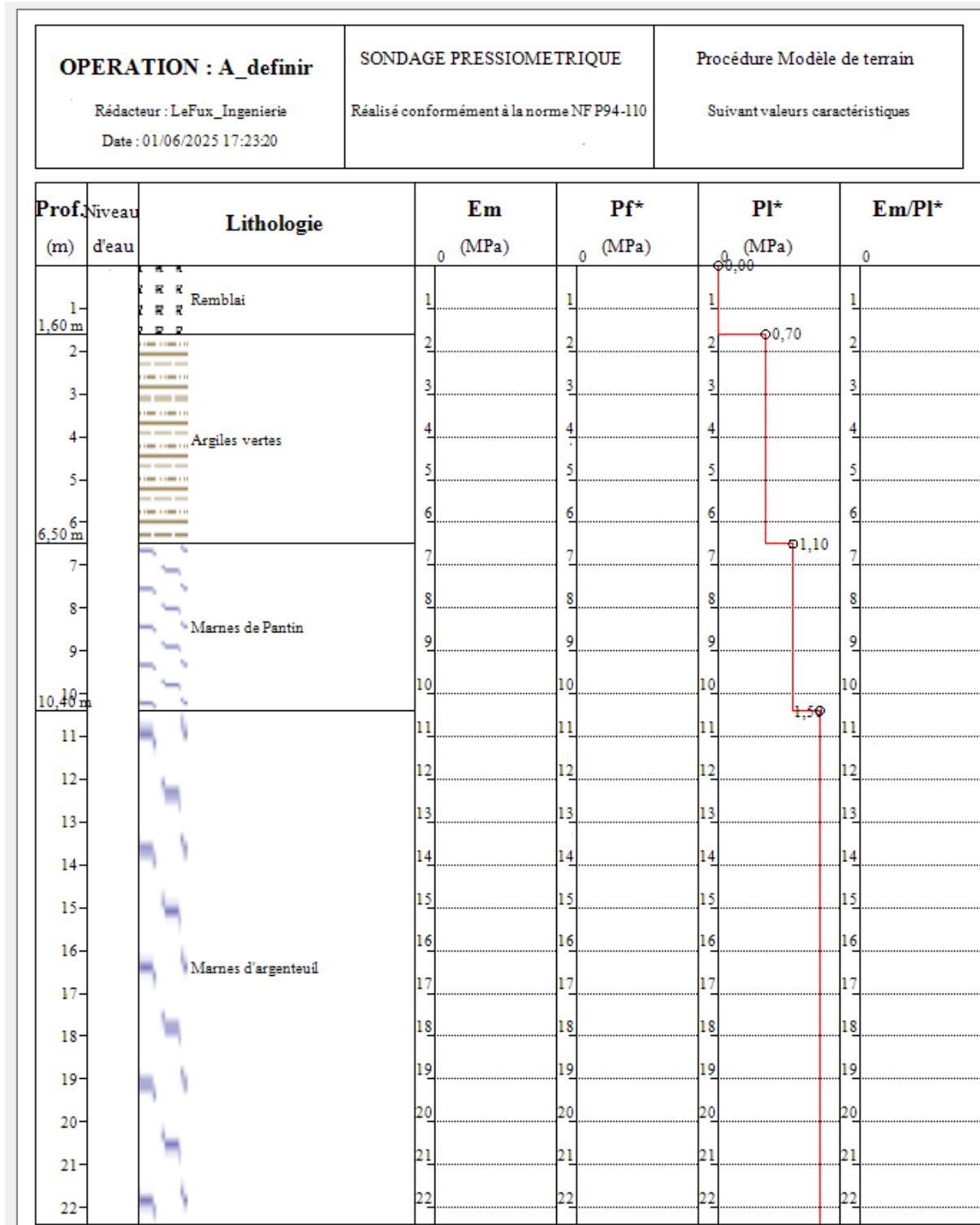


Vous pouvez imprimer les courbes du sondage en cliquant sur le bouton « Imprimer ».

Pour quitter ce formulaire, il suffit de cliquer sur la croix en haut à droite.

5.7.2 Pour procédure avec valeurs caractéristiques des couches de sol

L'affichage du profil est le suivant (correspondant à l'exemple n°2 – Voir livret de Validation du logiciel):



Les couches de sol étant caractérisées par une seule valeur, nous avons une courbe de type escalier.



5.8 Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique en sondage moins de 5 m.

Ce fichier est fichier au format obligatoirement txt qui peut être écrit avec l'éditeur Notepad de Windows mais aussi avec n'importe quel éditeur sous réserve que le format du fichier soit bien du txt.

Ce fichier doit se présenter sous la forme suivante pour être compréhensible par le logiciel sinon des erreurs peuvent apparaître voire un plantage logiciel peut se produire :

```
S1PressioLitho.txt - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage Aide
date 23/10/2014
Sondage S1
Eau 23.5
Pressiométrie
1 41.3 0.46 0.52
2.5 32.1 0.47 0.55
4 50.6 0.52 0.60
5.5 19.7 0.48 0.63
7 45.1 0.48 0.63
8.5 21.6 0.83 1.13
10 32.7 1.04 1.30
11.5 35 1.04 1.31
13 21.8 0.89 1.16
14.5 22.3 0.72 1.12
16 30.9 0.91 1.17
17.5 40.6 0.88 1.15
19 70.4 1.08 1.35
20.5 123.1 1.98 2.49
22 210.3 1.96 2.46
23.5 84.4 2.30 2.84
Lithologie
0 2 complexe limono sableux brunatre 0
2 3 marne beige tendre 1
3 8.6 argile verdatre 2
8.6 13.1 marne blanchâtre tendre 3
13.1 20 marne gris bleuté tendre 4
20 25.3 marne gris bleuté compacte 6
```

Exemple de fichier de données de sol sous format txt lisible par le logiciel

L'image ci-contre présente le fichier de profil pressiométrique qui a servi de base à l'exemple n°1.

La date du sondage est le 23 octobre 2024 soit le 23/10/2024 suivant le format demandé.

Le nom du sondage est S1.

La rencontre de l'eau sur ce sondage a été réalisée à 23,50m de la surface. Il est donc indiqué 23,5 face à l'item eau.

La partie pressiométrie comporte 16 lignes (soit 16 points de mesures) et la partie lithologie relève 6 lignes (soit 6 couches de sols sur la hauteur du sondage). Ces parties sont variables et peuvent comporter un plus ou moins grand nombre de ligne.

Les intitulés peuvent être indiqués en minuscules ou majuscules, cela n'a aucune importance.

Il ne doit y avoir aucun blanc entre les différentes lignes (pas de lignes sautées).

Figure 5-7 - Exemple d'un fichier de valeurs pressiométriques

Le fichier doit comprendre 5 parties qui doivent **absolument** respecter l'ordre suivant :

Partie n°1 : la date de réalisation du sondage

Sur une ligne.

Elle doit être renseignée sur une seule ligne qui se présente sous le format avec initialement le mot-clé « date » d'abord puis la date ensuite sous format jj/mm/aaaa soit 2 chiffres pour le jour / 2 chiffres pour le mois / 4 chiffres pour l'année. Le / permet de séparer les jours du mois de l'année. Ainsi, si vous voulez indiquer le 1^{er} janvier 2022, vous devrez écrire sur la ligne : date 01/01/2022. Le nombre de blanc entre le mot clé date et la date elle-même n'a pas d'importance.

Partie 2 : le nom du sondage

Sur une ligne.



Elle est renseignée sur une seule ligne avec d'abord le mot-clé « sondage » puis un blanc puis le nom du sondage. Le format est libre pour le nom du sondage.

Partie 3 : le niveau de l'eau

Sur une ligne.

Elle est renseignée sur une seule ligne avec d'abord le mot-clé « eau » puis un blanc puis la profondeur à partir de laquelle a été constaté le niveau de l'eau. La profondeur doit correspondre à une valeur numérique positive sinon le logiciel renverra une erreur.

Pour indiquer aucune venue d'eau rencontrée, il faut indiquer la valeur clé 1001.

Le niveau de l'eau est donné à titre indicatif, il n'intervient pas dans les calculs de portance. Toutefois, il a une influence sur la valeur des pressions limites PI et donc des pressions limites nettes PI* (Cf. [§5.11.3 P*_l\(z\) profil des pressions limites nettes](#))

Partie 4 : les valeurs pressiométriques

Sur plusieurs lignes.

Cette partie comprend autant de lignes qu'il y a eu de mesures pressiométriques, une ligne par mesure.

Cette partie commence toujours par le mot-clé « pressiométrie », pour indiquer que les lignes qui suivent sont des valeurs de mesures pressiométriques.

Chaque ligne doit comprendre 4 valeurs numériques positives renseignées dans l'ordre suivant :

- **Z** : La profondeur Z à laquelle ont été effectuées les mesures des 3 valeurs pressiométrique Em, Pf* et PI*
- **Em** : La valeur du module pressiométrique Em
- **Pf*** : La valeur de la pression de fluage nette
- **PI*** : La valeur de la pression limite nette

Les lignes doivent être renseignées du moins profond vers le plus profond, soit de la surface vers la profondeur d'ancrage du pieu.

Si vous n'avez pas de valeurs à renseigner pour les mesures de Em et/ou Pf, mettez une valeur quelconque (1 par exemple) mais surtout pas 0 sinon vous allez faire planter l'affichage. Cela n'a aucune conséquence sur le calcul mais je n'ai pas encore codé le test de valeur nulle.

Partie 5 : la lithologie du sol

Sur plusieurs lignes.

Cette partie comprend autant de lignes qu'il y a de types de sol différents

Cette partie commence toujours par le mot-clé « lithologie », pour indiquer que les lignes qui suivent, sont en rapport avec l'identification des différentes couches de sols qui vont constituer l'assise des fondations.

Chaque ligne doit comprendre 4 item renseignés dans l'ordre suivant :

- Une valeur numérique indiquant la profondeur du toit de la couche ou altimétrie haute de la couche soit celle la plus proche de la surface

- Une valeur numérique indiquant la profondeur de la base de la couche de sol ou altimétrie basse de la couche soit celle la plus éloignée de la surface
- Le type de sol : le format est libre. Voir [l'exemple ci-dessus](#) pour le type d'indication
- La classe du sol sous forme de valeur numérique comprise entre 0 et 7. Ceux sont les 8 catégories conventionnelles définies au chapitre suivant, [§5.11.1 Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262](#).

Les lignes doivent être renseignées du moins profond vers le plus profond, soit de la surface du terrain vers la pointe d'ancrage du pieu, en allant au-delà de cette dernière.

Important :

Les 2 premières valeurs sont des valeurs de profondeur soit de 0 à 25m si la reconnaissance de sol s'est arrêtée à 25m, 45m si la reconnaissance de sol s'est arrêtée à 45m et ainsi de suite

5.9 Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique en valeurs caractéristiques

Ce fichier est fichier au format obligatoirement txt qui peut être écrit avec l'éditeur Notepad de Windows mais aussi avec n'importe quel éditeur sous réserve que le format du fichier soit bien du txt.

Ce fichier doit se présenter sous la forme suivante pour être compréhensible par le logiciel sinon des erreurs peuvent apparaître voire un plantage logiciel peut se produire :

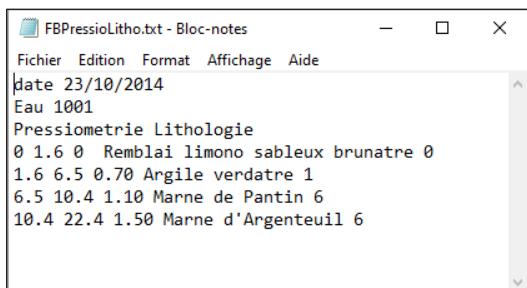


Figure 5-8 - Fichier txt pour données Modèle terrain Valeurs caractéristiques

Exemple de fichier de données pressiométriques et lithologiques pour modèle de terrain avec valeurs caractéristiques sous format txt lisible par le logiciel

L'image ci-contre présente le fichier de profil pressiométrique qui a servi de base à l'exemple n°2.

La date du sondage est le 23 octobre 2024 soit le 23/10/2024 suivant le format demandé.

Pas de rencontre d'eau (valeur 1001)

Les intitulés peuvent être indiqués en minuscules ou majuscules, cela n'a aucune importance.

Il ne doit y avoir aucun blanc entre les différentes parties (pas de lignes sautées).

Le fichier doit comprendre 3 parties qui doivent **absolument** respecter l'ordre suivant :

Partie n°1 : la date de réalisation de la modélisation du sol

Sur une ligne.

Elle doit être renseignée sur une seule ligne qui se présente sous le format avec initialement le mot-clé « date » d'abord puis la date ensuite sous format jj/mm/aaaa soit 2 chiffres pour le jour / 2 chiffres pour le mois / 4 chiffres pour l'année. Le / permet de séparer les jours du mois de l'année. Ainsi, si vous voulez indiquer le 1^{er} janvier 2022, vous devrez écrire sur la ligne : date 01/01/2022. Le nombre de blanc entre le mot clé date et la date elle-même n'a pas d'importance.

Partie 2 : le niveau de l'eau

Sur une ligne.

Elle est renseignée sur une seule ligne avec d'abord le mot-clé « eau » puis un blanc puis la profondeur à partir de laquelle a été constaté le niveau de l'eau. La profondeur doit correspondre à une valeur numérique positive sinon le logiciel renverra une erreur.

Pour indiquer aucune venue d'eau rencontrée, il faut indiquer la valeur clé 1001 (voir l'exemple ci-dessus).

Le niveau de l'eau est donné à titre indicatif, il n'intervient pas dans les calculs de portance. Toutefois, il a une influence sur la valeur des pressions limites PI et donc des pressions limites nettes PI* (Cf. [§5.11.3 P*_l\(z\) profil des pressions limites nettes](#))

Partie 3 : les valeurs caractéristiques du sol

Sur plusieurs lignes.

Cette partie comprend autant de lignes qu'il y a de types de sol différents : une ligne par couche de sol.

Cette partie commence toujours par le mot-clé « lithologie », pour indiquer que les lignes qui suivent, sont en rapport avec l'identification des différentes couches de sols qui vont constituer l'assise des fondations.

Chaque ligne doit comprendre 4 item renseignés dans l'ordre suivant :

- Une valeur numérique indiquant la profondeur du toit de la couche ou altimétrie haute de la couche soit celle la plus proche de la surface
- Une valeur numérique indiquant la profondeur de la base de la couche de sol ou altimétrie basse de la couche soit celle la plus éloignée de la surface
- La valeur de la pression limite nette (ou valeur de la pression limite moyenne). Attention : **une fois renseigné, il vous faudra cliquer sur la coche « PI moyen » si les valeurs que vous indiquez dans le fichier txt sont des valeurs de pression limite moyenne.**
- Le type de sol : le format est libre mais ne peut comporter plus de 15 mots. Voir [l'exemple ci-dessus](#) pour le type d'indication
- La classe du sol sous forme de valeur numérique comprise entre 0 et 7. Ceux sont les 8 catégories conventionnelles définies au chapitre suivant, [§5.11.1 Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262](#).

Important :

Les 2 premières valeurs sont des valeurs de profondeur soit de 0 à 22,40m si la reconnaissance de sol s'est arrêtée à 22,40m (ce qui est le cas dans notre exemple ci-dessus), 45m si la reconnaissance de sol s'est arrêtée à 45m et ainsi de suite

Les lignes doivent être renseignées du moins profond vers le plus profond, soit de la surface vers la profondeur d'ancrage du pieu.

5.10 Vérification de la cohérence des données renseignées avant calcul

Les points suivants sont contrôlés par le logiciel et peuvent donner lieu à des avertissements mais la séquence de calcul est quand même lancée (le projeteur considère que ces avertissements sont non bloquant) soit à l'arrêt du calcul pour modifier les valeurs.

Les points de vérification sont les suivants :

- Vérification de la cohérence des côtes altimétriques du pieu (cf. [côtes altimétriques pieu ci-avant](#))
- Vérification de l'arrêt de la reconnaissance de sol à plus de 5m de la pointe du pieu
- Longueur de la fiche du pieu supérieure à 5 fois son diamètre.
- Vérification que l'ancrage dans la couche porteuse soit de minimum 50 cm.
- Vérification de la cohérence des côtes altimétriques du toit et de la base de toutes les couches de sol rencontrées.
- La distance entre pieux si un effet de groupe a été validé.

5.11 Eléments de modélisation du sol

5.11.1 Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262

Le sol est réparti en 6 catégories conventionnelles suivant le tableau B.2.1 de l'annexe B de la NF P94-262 :

- Classe : argiles et limons
- Classe : Sols intermédiaires (sables limoneux, sable argileux, argile sableuse)
- Classe : sables et graves
- Classe : Craies
- Classe : Marne et calcaire marneux
- Classe : Rocher

Toutefois, le tableau F.5.2.1 ne retient plus que 5 classes pour le calcul des coefficients pour le frottement axial unitaire q_s , ce qui implique que la classe de sol intermédiaire dispose de 2 sous-classes, la 1^{ère} pour dire qu'il relève de la classe limon et la 2nd qu'il relève de la classe graves.

Aussi, le logiciel demande au projeteur de répartir le sol en 8 classes logicielles, 7 classes relevant de la norme plus une classe Remblai dans laquelle aucune résistance par frottement ne peut être mobilisée :

0. Classe logicielle 0 : correspond à du remblai. Aucun calcul n'est effectué sur cette partie.
1. Classe logicielle 1 : classe argiles et limons relevant de la colonne « Argile %CaCO3<30%, limon Sols intermédiaires » du tableau F.5.2.1.
2. Classe logicielle 2 : classe Sols intermédiaires (sables limoneux, sable argileux, argile sableuse) relevant de la colonne « Argile %CaCO3<30%, limon Sols intermédiaires » du tableau F.5.2.1.
3. Classe logicielle 3 : classe Sols intermédiaires (sables limoneux, sable argileux, argile sableuse) relevant de la colonne « Sols intermédiaires Sables Graves» du tableau F.5.2.1.
4. Classe logicielle 4 : classe sables et graves relevant de la colonne « Sols intermédiaires Sables Graves» du tableau F.5.2.1.
5. Classe logicielle 5 : classe Craies relevant de la colonne « Craie» du tableau F.5.2.1.
6. Classe logicielle 6 : Marne et calcaire marneux relevant de la colonne « Marne et calcaire marneux » du tableau F.5.2.1.
7. Classe logicielle 7 : Rocher relevant de la colonne « Roche altérée ou fragmentée » du tableau F.5.2.1.

Important :

Pour la détermination de la valeur b , qui est la valeur de l'épaisseur de tranche de terrain considérée au-dessus de la base du pieu, valeur nécessaire au calcul de la pression limite équivalente ple, le logiciel détermine automatiquement la valeur h qui est la hauteur de la fondation profonde contenue dans la formation porteuse.

Le logiciel assimile cette valeur h à la hauteur de la dernière couche lithologique renseignée dans laquelle est ancré le pieu. Aussi, il est important de bien spécifier cette dernière même si celle-ci a la même classe que celle

immédiatement au-dessus. L'exemple n°5 du cahier de validation du logiciel met bien en exergue ce point. Voir aussi [§8.7.1 - Exemple n°1 page 87](#) du présent document qui présente cet exemple.

5.11.2 Valeurs caractéristiques du sol dans le cadre de la procédure Modèle de terrain

Le logiciel demande d'indiquer, dans la note de calcul, le type de profil renseigné dans le cadre de la procédure de modèle de terrain (Cf. [§5.5.2 Le choix du profil de valeurs renseignées pour le modèle de terrain](#)).

Le logiciel met à disposition du projeteur, les 2 possibilités offertes par la norme, à savoir :

- Valeurs caractéristiques du modèle de terrain (cf. note 5 Art. 8.5.2(1) NF P94-262).
- Sondage à moins de 5 m de l'appui (cf. note 2 Art. 8.5.2(3) NF P94-262).

Dans le cas des valeurs caractéristiques, le projeteur va renseigner pour chaque couche de sol, la pression limite nette caractéristique PI^* de la couche. Le logiciel n'offre pas d'outils pour la détermination de cette valeur caractéristique. Cette dernière est laissée à la libre détermination du projeteur.

Pour rappel, la détermination des valeurs caractéristiques de chaque couche de sol est de la responsabilité de l'ingénieur Géotechnicien.

La note 5 du §8.5.2(1) indique :

NOTE 5

La procédure dite du « modèle de terrain » consiste à déduire d'un modèle géotechnique du site, éventuellement découpé en zones homogènes, des valeurs caractéristiques $q_{b;k}$ et $q_{s;k}$ de la résistance de pointe et du frottement axial unitaire dans les différentes couches, puis à appliquer les formules générales (9.2.4.1) et (9.2.4.2) pour déterminer la portance caractéristique de la fondation profonde ou la formule générale (10.2.4) pour déterminer la résistance caractéristique de traction de la fondation profonde.

Dans le cas d'un sondage à moins de 5 m du point d'implantation du pieu, le projeteur peut se servir des valeurs pression limite nette PI^* du sondage pour réaliser le calcul de la portance du pieu.

La note 2 du §8.5.2(3) précise :

NOTE 2

Lorsqu'un sondage a été réalisé au droit d'un appui, en respectant la pratique usuelle, notamment en ce qui concerne l'espacement vertical des essais, on peut appliquer la procédure du « modèle de terrain » en prenant comme valeurs caractéristiques les valeurs issues directement du sondage, à condition que la stratigraphie du site soit régulière, que les sols soient relativement homogènes et que la surface d'appui soit limitée. D'une manière générale, on peut considérer que les valeurs du sondage s'appliquent telles quelles dans un rayon de moins de 5 m.

Si l'implantation définitive de votre pieu se situe à moins de 5 m d'un point de sondage et que ce dernier respecte les attendus de la note 2 ci-dessus, vous pouvez utiliser directement les données du sondage pour le dimensionnement de la portance du pieu.

Ou, autrement dit,

- Si le pieu est implanté à moins de 5 m du sondage
- Et si les 3 conditions suivantes sont respectées :
 1. Stratigraphie régulière du site soit que la stratigraphie soit plus ou moins la même sur l'ensemble du site d'implantation des pieux
 2. Sols relativement homogènes – Voir la note 1 du §F.4.2(3)
 3. Surface d'appui limité – Non précisé dans la suite de la norme mais indiqué dans le guide du CEREMA [\[3\]](#) ($S < 100 \text{m}^2$)

Les données du sondage sont considérées comme valeurs caractéristiques et peuvent être directement utilisées pour le dimensionnement.

5.11.3 $P^*_l(z)$ profil des pressions limites nettes

Le profil des pressions limites nettes $P^*_l(z)$ est fourni par le géotechnicien dans son rapport géotechnique. Elle est déterminée suivant les dispositions de la NF 94-110-1 (en attendant la parution de la NF EN ISO 22477-4) qui sont rappelées ci-dessous :

La pression nette p^* est la pression comptée par rapport à la contrainte totale horizontale régnant dans le terrain avant introduction de la sonde pressiométrique au même niveau :

— pression limite pressiométrique nette :

$$p_l^* = p_l - \sigma_{hs}$$

p_l est la valeur de la pression limite relevée lors de l'essai pressiométrique.

La norme NF 94-110-1 précise le calcul de σ_{hs} ci-dessous :

E.1 Contraintes dans le terrain au repos avant essai

σ_{vs} est la contrainte totale verticale au niveau de l'essai ;

σ_{hs} est la contrainte totale horizontale au niveau de l'essai prise égale à :

$$\sigma_{hs} = K_0 (\sigma_{vs} - u_s) + u_s$$

où conventionnellement :

$$u_s = \gamma_w (z_w - z_s) \text{ pour } z_w > z_s$$

$$u_s = 0 \text{ pour } z_s < z_w$$

u_s est la pression interstitielle de l'eau dans le terrain au niveau de l'essai ;

K_0 est le coefficient de pression des terres au repos au niveau de l'essai ;

γ_w est le poids volumique de l'eau interstitielle dans le terrain.

Avec :

K_0 pris égal à 0,5

z_w altimétrie de la nappe d'eau

z_s : altimétrie à laquelle est effectuée la mesure de p_l

γ_w : densité de l'eau, prise égale à 10KN/m^3

Et $\sigma_{vs} = \gamma \cdot (z_n - z_s)$

Avec :

- γ : densité du terrain naturel, pris égal à 18 KN/m^3
- z_n : altimétrie du niveau 0 du sondage. Le rapport $(z_n - z_s)$ est égal à la profondeur de l'essai.

Le niveau de la nappe d'eau peut donc influencer les valeurs géotechniques du sol suivant que le sol est déjaugé ou pas.

C'est la raison pour laquelle une sonde piézométrique est mise en place au tout début des sondages pour voir l'évolution dans le temps du niveau de la nappe, et corrigé si nécessaire les valeurs mesurées en fonction de la fluctuation de la nappe.

5.11.4 Calcul de la pression limite nette équivalente ple*

Le calcul de la pression limite nette équivalente (P_{le}) est réalisé suivant les dispositions de l'article F.4.2.(3) de l'annexe F. Certaines précisions figurent dans le CCTG [5] et reprises par le CEREMA [3].

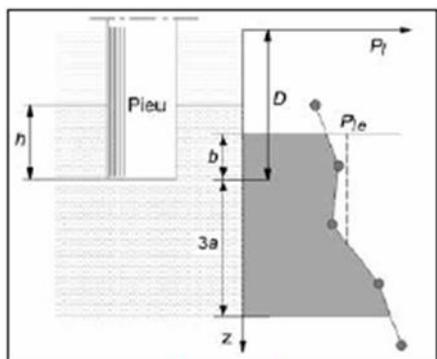


Figure 5-9 - Valeur de P_{le}^*

P_{le}^* est calculé à partir de l'expression suivante (expression F.4.2.3):

$$P_{le}^* = \frac{1}{b + 3a} \int_{D-b}^{D+3a} Pl^*(z) dz$$

Où $Pl^*(z)$ est le profil des pressions limites nettes représentatif (voir image ci-contre).

Les valeurs a et b sont précisées en [§5.12.2 Profondeur et longueur du pieu](#).

La représentation ci-contre de P_{le}^* correspond à un calcul avec de multiples valeurs sur Pl^* , c.a.d en exploitation directe d'un sondage pressiométrique.

Dans le cas d'un calcul à partir de valeurs caractéristiques de la couche de sol (et non d'un sondage), cette dernière est caractérisée par une seule valeur de Pression Limite nette pour toute la hauteur de la couche.

Certains géotechniciens font paraître dans leurs rapports, une valeur caractéristique Pl moyenne et non une valeur caractéristique Pl^* nette. Voir [§5.11.3 ci-dessus](#).

Le logiciel permet de faire le distinguo entre les 2 valeurs de Pl en cochant ou pas l'item « Pl moyen » et de ramener la valeur Pl à la valeur Pl^* :

1. Case non cochée : les Pl renseignées sont des pression limites nette moyenne pour chaque couche = Pl^*
2. Case cochée : les Pl renseignées sont des pression limites moyennes = Pl

Dans le cas n°2 ci-dessus, le logiciel effectue 2 calculs pour se ramener à des Pl^* :

- Pour le calcul de P_{le}^* : Pl^* est calculée au niveau de la profondeur de la fiche du pieu suivant la relation E1 (voir ci-dessus).
- Pour le calcul de Pl^* de chaque couche afin de déterminer la hauteur d'encastrement effective Def , la valeur Pl^* est déterminée en calculant une contrainte σ_{vs} à hauteur de mi-couche.

L'exemple n°2 illustre ce cas de figure.

Dans le cas où la valeur $D+3a$ est supérieure à la valeur de z la plus profonde, alors $Pl^*(d + 3a)$ est pris égal à la valeur $Pl^*(z)$ avec z , la valeur la plus profonde.

5.12 Éléments de modélisation et de calcul de pieux

5.12.1 Type de pieu et géométrie autorisés

Le logiciel permet le calcul de l'ensemble des pieux et barrettes visés au [Tableau 5-1 - Classe et catégorie des pieux et barrettes](#) (extrait tableau A.1 de l'annexe A de la norme NF P94-262).

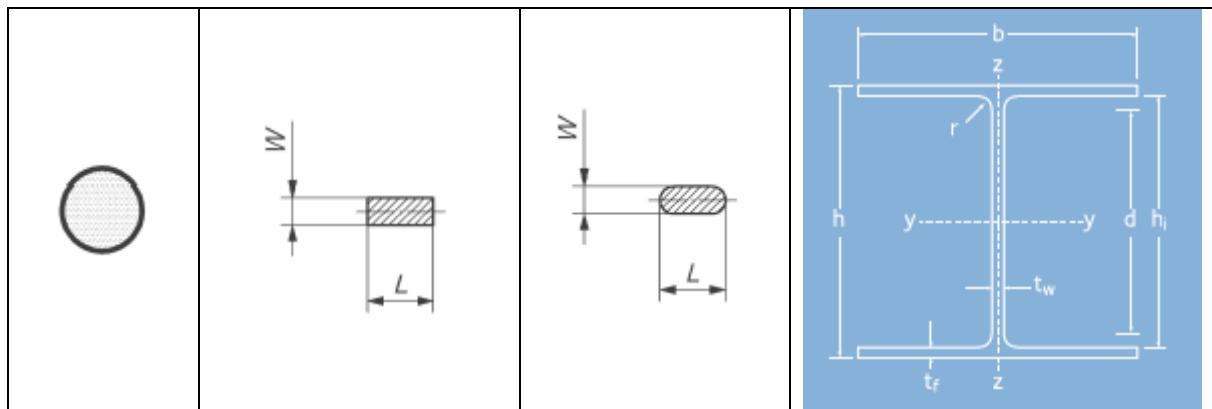
Toutefois, ce calcul est limité aux géométries accessibles au logiciel (voir Tableau 5-2, Tableau 5-3 et Tableau 5-4)

Classe	Catégorie	Technique de mise en œuvre	Abréviation	Norme de référence
1	1	Foré simple (pieux et barrettes)	FS	NF EN 1536
	2	Foré boue (pieux et barrettes)	FB	
	3	Foré tubé (virole perdue)	FTP	
	4	Foré tubé (virole récupérée)	FTR	
	5	Foré simple ou boue avec rainurage ou puits	FSR, FBR, PU	
2	6	Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation	FTC, FTCD	NF EN 1536
3	7	Vissé moulé	VM	NF EN 12699
	8	Vissé tubé	VT	
4	9	Battu béton préfabriqué ou précontraint	BPF, BPR	NF EN 12699
	10	Battu enrobé (béton – mortier – coulis)	BE	
	11	Battu moulé	BM	
	12	Battu acier fermé	BAF	
5	13	Battu acier ouvert	BAO	NF EN 12699
6	14	Profilé H battu	HB	NF EN 12699
	15	Profilé H battu injecté	HBi	
7	16	Palplanches battues	PP	NF EN 12699
1 bis	17	Micropieu type I	M1	NF EN 1536/14199/12699
	18	Micropieu type II	M2	
8	19	Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)	PIGU, MIGU	
	20	Pieu ou micropieu injecté mode IRS (type IV)	PIRS, MIRS	

Tableau 5-1 - Classe et catégorie des pieux et barrettes

Les profils géométriques accessibles au calcul par le logiciel sont les suivants :

Profils autorisés				
Circulaire	Rectangulaire	Rectangulaire arrondi		Pieu H



Profils autorisés	
Palplanche	Caisson

Tableau 5-3 - Profils autorisés

Quand il est indiqué ci-dessous, « profil rectangulaire », le profil peut aussi être carré. Il suffit de prendre les deux dimensions identiques.

Pour les pieux vissés moulés, ils peuvent adopter deux géométries différentes conforme à la figure A.4.1 de la NF P94.262

Profils autorisés pour les pieux vissés moulés	
Fût avec hélice ordinaire	Fût avec hélice épaisse

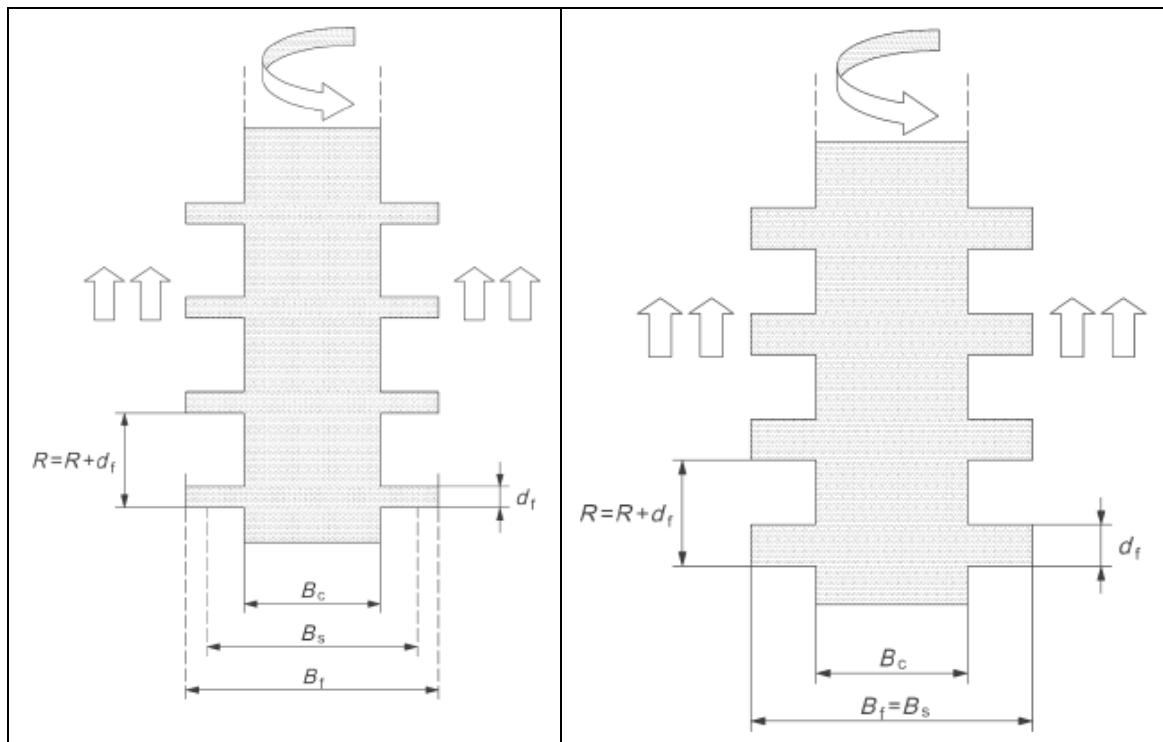


Tableau 5-4 - Profils autorisés pour les pieux vissés moulés

Soit les profils suivants par catégorie de pieux :

- Catégorie 1 Foré simple
 - Circulaire
 - Rectangulaire
 - Rectangulaire arrondi
- Catégorie 2 Foré boue
 - Circulaire
 - Rectangulaire
 - Rectangulaire arrondi
- Catégorie 3 Foré tubé (virole perdue)
 - Circulaire
- Catégorie 4 Foré tubé (virole récupérée)
 - Circulaire
- Catégorie 5 Foré simple ou boue avec rainurage ou puits
 - Circulaire
 - Rectangulaire
 - Rectangulaire arrondi
- Catégorie 6 Foré tarière creuse simple rotation ou double rotation
 - Circulaire
- Catégorie 7 Vissé moulé
 - Fût avec hélice ordinaire
 - Fût avec hélice épaisse
- Catégorie 8 Vissé tubé
 - Circulaires avec deux dimensions de diamètre : plus grand diamètre de l'outil perdu et diamètre du tube faisant office de fût (cf. Art. A.4.2 de la NF P94.262).
- Catégorie 9 Battu béton préfabriqué ou précontraint
 - Circulaire

- Rectangulaire
- Catégorie 10 métallique Battu enrobé
 - Suivant les dimensions de la platine perdue (suivant art. A10(4) de l'annexe A de la NF P94.262)
- Catégorie 11 Battu moulé
 - Circulaire
- Catégorie 12 Battu acier fermé
 - Circulaire
 - Caisson de palplanche
- Catégorie 13 Battu acier ouvert
 - Circulaire
 - Caisson de palplanche
- Catégorie 14 Profilé H battu
 - Pieux H
- Catégorie 15 Profilé H battu injecté
 - Pieux H
- Catégorie 16 Palplanches battues
 - Palplanche
- Catégorie 17 à 20 Micropieux
 - Circulaire

Les aires et diamètres pour le calcul de la résistance de pointe et pour la résistance par frottement axial sont précisés au [§5.12.3 - Surfaces et périmètres des éléments de fondation](#).

5.12.2 Profondeur et longueur du pieu

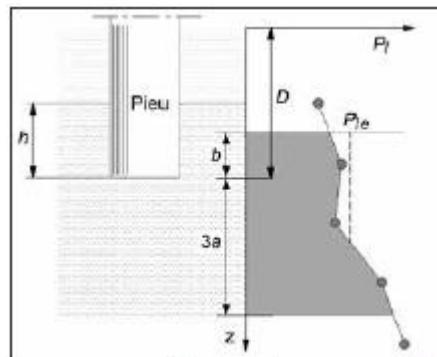
La longueur du pieu est la longueur totale du pieu, y compris sa partie hors sol si ce dernier comprend une partie hors sol. Cette partie hors-sol peut correspondre à la partie laissée en attente dans le cas de palplanche, de micropieux ou de pieu métallique battu

Cette longueur de pieu (variable L dans le logiciel) peut donc avoir une valeur plus importante que la profondeur du pieu (variable D dans le logiciel, identique au nom de variable figurant dans la NF P94.262). Cette profondeur D est calculée par le logiciel, à partir des côtes indiquées ci-dessus.

Cette profondeur D donnera lieu à 3 avertissements si :

- Si $D < 5.\emptyset$ (diamètre du pieu)
- La profondeur D doit permettre un ancrage de longueur b dans la couche porteuse avec :
 - $b = \min\{a ; h\}$
 - $a = \min\{B/2 ; 0,50m\}$,
 - B étant la largeur du pieu ou plus petite dimension transversale du pieu (moitié du diamètre pour un pieu circulaire, moitié de la largeur du H pour un pieu H métallique, etc.).

Elle vérifiera aussi que cette profondeur permet de s'assurer de l'homogénéité de la couche porteuse soit un sol de nature unique et une pression limite maximale mesurée dans cette formation n'excédant pas 2 fois la pression limite minimale (note 1 du §F.4.2(3) de la NF P94.262). Certains géotechniciens exigent dans le rapport d'étude de sol, cet ancrage minimal b dans la couche porteuse.



Le logiciel vérifie que la hauteur b soit minimum égale à 50 cm sinon un avertissement figurera dans la note de calcul.

- La hauteur $3a$ doit être supérieure à 5m, c.a.d la reconnaissance de sol s'est arrêté minimum à 5m en dessous de l'arrêt prévu de la pointe du pieu, ceci pour s'assurer de l'absence de discontinuité majeure dans le sol (fontis par exemple).

Ces dispositions reprennent, en large partie, ce qui figurait dans le CCTG [5].

5.12.3 Surfaces et périmètres des éléments de fondation

5.12.3.1 Cas général

Suivant l'article A.10 de l'annexe A de la NF P94-262, la surface Ab et le périmètre P à prendre en compte pour le calcul des résistances limites des pieux sont déterminées à partir des valeurs nominales des outils de forage permettant leur réalisation, sauf pour ceux relevant des dispositions des articles A.10(2), (3) et (4).

Les géométries autorisées par type de pieu sont indiquées au [§5.12.1 Type de pieu et géométrie autorisé page 48](#) du présent document.

5.12.3.2 Cas particulier

5.12.3.2.1 *Cas des pieux vissés moulés*

La surface Ab et le périmètre P sont calculés suivant les conditions du §A.10(2) de la NF P94-262, à savoir :

- Pour le frottement :
 - $\max(B_c; 0,9B_f)$ si $d_f < 5$ cm ou si $R/d_f > 6$
 - B_f si $d_f > 5$ cm et si $R/d_f < 6$
- Pour la pointe :
 - $\max(B_c; 0,9B_f)$ si $d_f < 5$ cm ou si $R/d_f > 6$
 - $\max(B_c; B_f)$ si $d_f > 5$ cm et si $R/d_f < 6$
- Pour la résistance des matériaux : B_c .

Le diamètre nominal du pieu B_c est le plus grand diamètre de l'outil, sans tenir compte de l'hélice éventuelle de diamètre B_f .

5.12.3.2.2 *Cas des pieux vissés tubés*

Le pieu vissé tubé est constitué d'une pointe perdue et d'un tube métallique perdu faisant office de fût.

La résistance par le frottement axial est calculée sur le diamètre du tube.

La résistance de pointe est calculée sur le plus grand diamètre de l'outil perdu.

5.12.3.2.3 *Cas des pieux métalliques battus enrobés*

Il s'agit des pieux faisant partie de la catégorie n°10.

L'article A10(4) indique qu'il y a lieu de prendre en compte l'aire et le périmètre de la platine perdue.

La norme précise que la partie métallique du pieu peut être un tube, un profilé de type H ou un caisson de palplanche.

Aussi, devant l'hétérogénéité du profil de ce pieu, j'ai choisi de demander au projeteur de renseigner directement l'aire et le périmètre de la platine perdue dans le formulaire de renseignement des données, ceci pour éviter d'alourdir inutilement le logiciel.

5.12.3.2.4 Cas des pieux métalliques battus acier fermé (BAF) ou acier ouvert (BAO)

Il s'agit des pieux faisant partie de la catégorie n°12 (BAF) et 13 (BAO).

Le pieu acier peut être constitué :

1. Soit d'un tube : dans ce cas, le logiciel demande la dimension du tube et calcule l'aire et le périmètre en fonction des dispositions de l'article A.10(3)
2. Soit d'un caisson de palplanche fermé à sa base (BAF) ou ouvert à sa base (BAO).

Dans le cas n°2 ci-dessus et devant l'hétérogénéité des profils de palplanche, j'ai choisi de demander au projeteur de renseigner directement l'aire et le périmètre du caisson.

5.12.3.2.5 Cas des pieux métalliques H

Exemple de dimensions de pieux H (catalogue ArcelorMittal), dimensions et tolérance de laminage conforme aux normes EN. Ces profilés peuvent donc être utilisés dans le cadre de ce logiciel.

HP Poutrelles-pieux à larges ailes

HP Wide flange bearing piles

HP Breitflanschpfähle

Profil Section Profil	Dimensions Dimensions Abmessungen	Aire Fläche	Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße		Surface Surface Oberfläche						
			G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	A cm ²	h _l mm	d mm
HP 200 x 43	42.5	200.0	205.0	9.0	9.0	10.0	54.1	182.0	162.0	1.185	27.88
HP 200 x 53	53.5	204.0	207.0	11.3	11.3	10.0	68.4	181.4	161.4	1.196	22.36
HP 220 x 57	57.2	210.0	224.5	11.0	11.0	18.0	72.9	188.0	152.0	1.265	22.12
HP 260 x 75	75.0	249.0	265.0	12.0	12.0	24.0	95.5	225.0	177.0	1.493	19.90
HP 260 x 87	87.3	253.0	267.0	14.0	14.0	24.0	111	225.0	177.0	1.505	17.24
HP 305 x 79 *	78.9	299.3	306.4	11.0	11.1	15.2	101	277.1	246.7	1.776	22.52
HP 305 x 88 *	88.0	301.7	307.8	12.4	12.3	15.2	112	277.1	246.7	1.784	20.28
HP 305 x 95 *	94.9	303.7	308.7	13.3	13.3	15.2	121	277.1	246.7	1.790	18.85
HP 305 x 110 *	110	307.9	310.7	15.3	15.4	15.2	140	277.1	246.7	1.802	16.39
HP 305 x 126 *	126	312.3	312.9	17.5	17.6	15.2	161	277.1	246.7	1.815	14.40
HP 305 x 149 *	149	318.5	316.0	20.6	20.7	15.2	190	277.1	246.7	1.834	12.30
HP 305 x 180 *	180	326.7	319.7	24.8	24.8	15.2	229	277.1	246.7	1.857	10.31
HP 305 x 186 *	186	328.3	320.9	25.5	25.6	15.2	237	277.1	246.7	1.863	10.02
HP 305 x 223 *	223	337.9	325.7	30.3	30.4	15.2	284	277.1	246.7	1.892	8.49
HP 320 x 88 +	88.5	303.0	304.0	12.0	12.0	27.0	113	279.0	225.0	1.752	19.80
HP 320 x 103 +	103	307.0	306.0	14.0	14.0	27.0	131	279.0	225.0	1.764	17.15
HP 320 x 117 +	117	311.0	308.0	16.0	16.0	27.0	150	279.0	225.0	1.776	15.13
HP 320 x 147 +	147	319.0	312.0	20.0	20.0	27.0	187	279.0	225.0	1.800	12.27
HP 320 x 184 +	184	329.0	317.0	25.0	25.0	27.0	235	279.0	225.0	1.830	9.94
HP 360 x 109 *	109	346.4	371.0	12.8	12.9	15.2	139	320.6	290.2	2.125	19.51
HP 360 x 133 *	133	352.0	373.8	15.6	15.7	15.2	169	320.6	290.2	2.142	16.11
HP 360 x 152 *	152	356.4	376.0	17.8	17.9	15.2	194	320.6	290.2	2.155	14.18
HP 360 x 174 *	174	361.4	378.5	20.3	20.4	15.2	222	320.6	290.2	2.170	12.48
HP 360 x 180 *	180	362.9	378.8	21.1	21.1	15.2	230	320.6	290.2	2.173	12.06
HP 400 x 122 +	122	348.0	390.0	14.0	14.0	15.0	156	320.0	290.0	2.202	17.99
HP 400 x 140 +	140	352.0	392.0	16.0	16.0	15.0	179	320.0	290.0	2.214	15.80
HP 400 x 158 +	158	356.0	394.0	18.0	18.0	15.0	201	320.0	290.0	2.226	14.08
HP 400 x 176 +	176	360.0	396.0	20.0	20.0	15.0	224	320.0	290.0	2.238	12.71
HP 400 x 194 +	194	364.0	398.0	22.0	22.0	15.0	248	320.0	290.0	2.250	11.58
HP 400 x 213 +	213	368.0	400.0	24.0	24.0	15.0	271	320.0	290.0	2.262	10.64
HP 400 x 231 +	231	372.0	402.0	26.0	26.0	15.0	294	320.0	290.0	2.274	9.85

Dimensions suivant EN 10365: 2017

Tolérances de laminage suivant
EN 10034: 1993

Etat de surface conforme à
EN 10163-3: 2004, classe C, sous-classe 1

Dimensions according to EN 10365: 2017

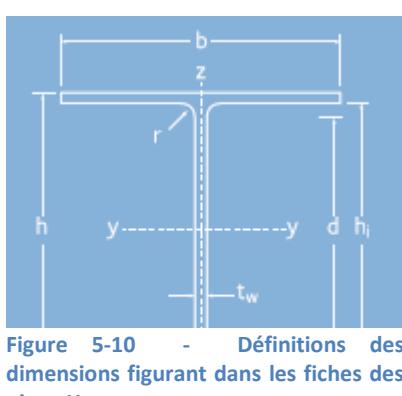
Rolling margins according to
EN 10034: 1993

Surface condition according to
EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Abmessungen gemäß EN 10365: 2017

Walztoleranzen gemäß
EN 10034: 1993

Oberflächenbeschaffenheit gemäß
EN 10163-3: 2004, Klasse C, Untergruppe 1



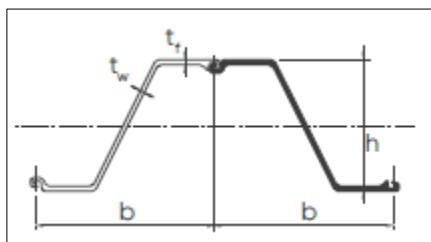
Les dimensions figurant dans le tableau ci-dessus, sont définies dans l'image ci-contre.

Ainsi, un pieu HP305x223 a une valeur b de 325,7mm (soit 33cm dans le logiciel pour la valeur largeur) et une valeur h de 337,9mm (soit 34cm dans le logiciel pour la valeur longueur), le logiciel limite la dimension au cm. Toutefois, cette version logicielle ne réalise pas les arrondis. C'est au projeteur de renseigner directement la valeur arrondie.

Dans notre cas, nous aurions pu aussi prendre 32cm et 33cm mais le calcul de la portance est déjà suffisamment conservatif comme cela.

Le principe évoqué ci-avant reste identique, quelque soit le modèle de pieu H, l'exemple avec le pieu H d'ArcelorMittal reste reproductible avec les autres profilés. Toutefois, il sera nécessaire que ce profilé soit conforme à l'EN10365 et l'EN10034 pour que le calcul reste conforme aux Eurocodes.

5.12.3.2.6 Cas des palplanches



Le nombre de modèle de palplanche est important et les répertorier toutes dépasse le cadre de ce logiciel.

L'image ci-contre présente une palplanche de profil Z d'ArcelorMittal, et notamment, le raccordement de 2 palplanche Z.

Cette image figure dans le logiciel et sert à illustrer le § PALPLANCHE.

Figure 5-11 - Exemple de modèle de palplanche

Devant l'hétérogénéité des profils de palplanche, j'ai choisi de demander au projeteur de renseigner directement l'aire et le périmètre du caisson.

Le projeteur devra donc indiquer 2valeurs :

- L'aire Ab
- Le périmètre P

Les valeurs Ab et P doivent être conformes aux attendus de l'article A.10(3) de la NF P94-262 (voir ci-dessous pour les détails).

5.12.3.2.7 Cas particulier relevant de l'article A10.(3)

Pour les pieux H, les pieux tubulaires métalliques battus ouverts et les palplanches (soit les classes 5 à 7), la section A à considérer en pointe et le périmètre P de frottement sont définis ci-dessous :

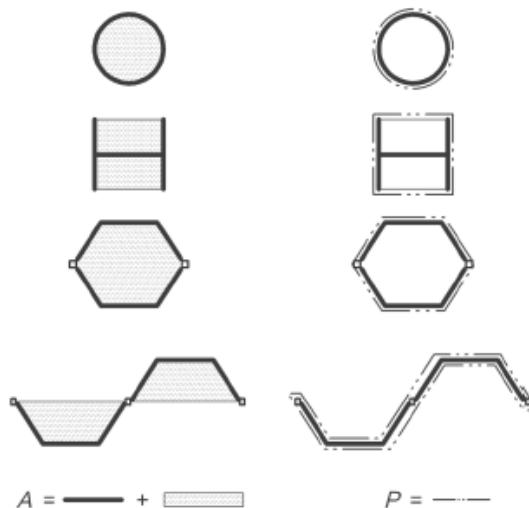


Figure A.10.1 Aire A des sections transversales et périmètre P des pieux tubulaires, des pieux H, des caissons et des palplanches métalliques

5.12.4 Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De

Le calcul de la hauteur d'encastrement équivalente De est conduit suivant les dispositions de l'annexe D de la NF P94.262.

Le rapport D_e/B (avec B la plus petite largeur de la fondation) est systématiquement calculé et un avertissement sera affiché dans la note de calcul si :

- $D_e/B < 1,5$: la fondation est dite superficielle et ne relève donc pas de la NF P94.262.
- $1,5 < D_e/B < 5$: la fondation est dite semi-profonde

5.13 Procédures de calcul

5.13.1 Généralités

Conformément à la NF P94-262, le logiciel utilise pour la détermination des valeurs de calcul de portance et/ou de résistance à la traction d'une fondation profonde, deux modèles de calcul pour la procédure du « modèle de terrain » :

1. A partir des valeurs caractéristiques
2. A partir des valeurs d'un sondage placé à moins de 5 m du lieu d'implantation du pieu.

Pour le cas n°2 ci-dessus, la note 2 du §5.2.(3) de la NF P94-262 autorise l'utilisation des données d'un sondage pressiométrique comme valeurs caractéristiques sous 3 conditions :

- Stratigraphie régulière du site
- Sols relativement homogènes
- Surface d'appui limité

L'utilisation d'un sondage implique que ces trois conditions sont respectées.

Il est rappelé que le choix de la procédure de calcul est sous la responsabilité de l'ingénieur géotechnicien, l'intervention de l'ingénieur structure se limitant à une vérification, ce qui est l'objet du présent logiciel.

Le logiciel réalise le calcul suivant les valeurs renseignées sur l'onglet « Caractéristiques des sondages – Procédure Modèle de terrain » :

- Soit à partir des valeurs caractéristiques
- Soit à partir des valeurs d'un sondage pressiométrique, sondage placé à moins de 5 m du lieu d'implantation du pieu.

5.13.2 Calcul du tassement

Le calcul du tassement est réalisé suivant les dispositions du § L.2.(3) de la norme NF P94-262.

Cette dernière précise que les valeurs de déplacement fournies ne sont qu'indicatives.

Il faut rappeler aussi que le calcul du tassement n'est pas exigible pour des ouvrages courant, uniquement pour ceux où les déformations admissibles sont très faibles.

Il est rappelé aussi que si charge appliquée au pieu sous la combinaison ELS Quasi-Permanente est inférieure à 70% de la charge de fluage (= R_{cr}) déterminée à partir des essais pressiométriques ou au pénétromètre statique, les effets de tassement seront négligeables.

Il est calculé 2 termes :

- S_{cri} : représente l'enfoncement provoqué par la charge R_{cr} (= charge de fluage), supposée de courte durée d'application.
- S_{criv} : représente l'enfoncement provoqué par la charge R_{cr} (= charge de fluage), supposée de longue durée d'application.

- Les valeurs e_{li} et e_{lv} sont prises égales à 0 en raison de leur très faible incidence.

Les termes $Scri$ et $Scrv$ sont définis ci-dessous (extrait de la norme) :

(2) Dans le cas où la charge de fluage R_{cr} est déterminée à partir d'essais pressiométriques ou pénétrométriques, on doit déterminer les valeurs de $S_{cr;i}$ et de $S_{cr;v}$ à partir des relations suivantes :

$$S_{cr;i} = k \frac{B}{100} + e_{li} \quad (L.2.3)$$

e_{li} représente le raccourcissement instantané sous la charge R_{cr} de la partie de l'élément non compris dans le terrain.

$$S_{cr;v} = k \frac{B}{100} + e_{lv} \quad (L.2.4)$$

- e_{lv} représente le raccourcissement de la partie de l'élément non compris dans le terrain lorsque la charge R_{cr} est supposée maintenue indéfiniment ;
- k est un facteur empirique, pris habituellement égal à 2 à défaut de valeur plus représentative.

5.13.3 Calcul de l'effet de groupe

Le calcul de l'effet de groupe est réalisé suivant les dispositions de l'annexe J de la NF P94-262.

Rappel des hypothèses de calcul pour la validation du modèle :

Fondation constituée de pieux circulaires ou carrés, tous identiques (même section, même profondeur), disposés suivant une maille carrée sous la semelle de répartition.

Lorsque l'entraxe des pieux est inférieur à $3 \times$ diamètre, il est calculé un coefficient d'efficacité C_e (voir équation (J.2.2) ci-dessous).

Ce coefficient C_e s'applique suivant l'équation (J.2.1) suivante :

$$R_g = \sum_{i=1}^n R_{b;i} + C_e \sum_{i=1}^n R_{s;i}$$

- C_e est le coefficient d'efficacité ;
- R_g est la résistance limite d'un groupe de n pieux ;
- $R_{b;i}$ est la résistance de pointe limite d'un pieu i du groupe supposé isolé ;
- $R_{s;i}$ est la résistance limite par frottement axial d'un pieu i du groupe supposé isolé.

Ce coefficient C_e est calculé suivant l'équation (J.2.3) :

$$C_e = 1 \text{ lorsque } d \geq 3B \quad (J.2.2)$$

$$C_e = \left(1 - C_d \left(2 - \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right) \right) \right) \text{ avec : } C_d = 1 - \frac{1}{4} \left(1 + \frac{d}{B} \right) \text{ lorsque } 1 \leq \frac{d}{B} \leq 3 \quad (J.2.3)$$

- d est l'entraxe des pieux ;
- B est le diamètre des pieux ;
- m est le nombre de lignes de pieux ;
- n est le nombre de pieux par lignes.

Enfin, il est nécessaire de rappeler les termes de l'article J.2.(3) :

(3) Dans la situation fréquente où les pieux traversent une couche de résistance médiocre et sont ancrés à la base dans un sol très résistant, l'effet de groupe joue peu et il est admis d'adopter une valeur du coefficient d'efficacité C_e égale à 1.

Ce dernier article explique pourquoi j'ai pris le parti de ne pas faire de vérification sur la mise en œuvre ou pas de l'effet de groupe. La mise en application de ce paragraphe peut éviter le calcul de l'effet de groupe.

5.14 Validation – Exemples de calcul

5.14.1 Exemple n°1

5.14.1.1 Généralités

Cet exemple présente la procédure du **modèle de terrain dans le cas d'un sondage** à moins de 5 m

Un pieu doit être réalisé à proximité d'un sondage pressiométrique.

Le calcul de la portance du pieu est établi suivant les essais pressiométriques du sondage de proximité.

5.14.1.2 Caractéristiques du pieu

Les caractéristiques du pieu sont les suivantes :

- FTC1
- Pieu réalisé à la tarière creuse avec enregistrement des paramètres
- Diamètre : 62 cm
- Profondeur du pieu : 16m
- Aucun effet de groupe

5.14.1.3 Caractéristiques du sondage pressiométrique

Les caractéristiques des couches de sol rencontrés sont indiquées dans le schéma figurant dans la note de calcul. Dans le rapport géotechnique, il est indiqué la même coupe pressiométrique et lithologique.

Altimétrie de la nappe d'eau : 23,50m

5.14.1.4 Note de calcul

Voir le livret « **Validation du logiciel MecaSol™** » - Exemple n°1

5.14.2 Exemple n°2

5.14.2.1 Généralités

Cet exemple présente la procédure du **modèle de terrain dans le cas de valeurs caractéristiques** pressiométriques et lithologiques du terrain de fondation

Le géotechnicien a retenu un modèle géologique avec des valeurs caractéristiques pour chaque couche de sol rencontrée. Les valeurs caractéristiques figurent dans le rapport géotechnique et sont rappelées ci-dessous.

5.14.2.2 Caractéristiques du pieu

Les caractéristiques du pieu sont les suivantes :

- Foré boue
- Diamètre : 60 cm
- Profondeur du pieu : 15m
- Aucun effet de groupe

5.14.2.3 Caractéristiques du sondage pressiométrique

Les caractéristiques des couches de sol rencontrés sont indiquées dans le schéma ci-dessous.

Formation	Classe de sol	Z toit (m)	Z base (m)	PI moyen (MPa)
Remblai	0	0	1.60	
Argiles vertes	Q1	1.60	6.50	0.70
Marnes de Pantin	Q4	6.50	10.40	1.10
Marnes d'Argenteuil	Q4	10.40	22.4	1.50

Altimétrie de la nappe d'eau : pas de niveau d'eau rencontré

5.14.2.4 Note de calcul

Voir le livret « **Validation du logiciel MecaSol™** » - Exemple n°2

6 Pieux – Calcul de portance par la procédure Pieu Modèle et essais pressiométriques

6.1 Généralités

Le logiciel permet le calcul de la portance de pieux suivant les essais pressiométriques par la procédure **Pieu Modèle** en conformité avec les dispositions de l'Eurocode 7[1] et de la norme NF P94-262[2].

Certaines parties de ce logiciel ont fait appel à des éléments figurant dans la littérature spécialisée en vue d'une clarification des concepts dont [3] et [4].

Je rappelle que le choix entre les deux procédures est opéré dans la page d'accueil du logiciel (Cf. § 3.1 Généralité et suivant).

Ce chapitre traite exclusivement de la partie de la procédure dite du « Pieu modèle ». Pour la procédure dite du « modèle de terrain », je renvoie le lecteur au §5 Pieux – Calcul de portance par la procédure modèle de terrain et essais pressiométriques page 27 ci-dessus.

Certains éléments sont communs entre les deux procédures et pour éviter d'alourdir la présente notice, cette dernière renvoie au chapitre correspondant de la partie présentant la procédure Modèle de Terrain.

Nota important :

Dans la suite du document, si ce dernier fait référence à une annexe ou à un chapitre sans autre précision, il s'agit toujours d'une annexe ou à d'un chapitre de la norme NF P94-262[2].

Rappel :

Dans les formulaires, vous verrez apparaître un ou plusieurs boutons portant cet icône  . Ces derniers permettent, en cliquant dessus, d'afficher une aide en ligne en rapport avec l'item lui faisant face.

6.2 Données d'entrées

6.2.1 Présentation générale des deux onglets d'entrée de données

Le logiciel se présente sous forme de 2 onglets :

1. L'onglet n°1 qui permet de renseigner les caractéristiques géométriques et technologiques du pieu à calculer.
2. L'onglet n°2 qui permet de renseigner les caractéristiques des couches de sol pour la procédure dite « Pieu Modèle ».

De base, la présentation commence toujours par l'onglet n°1 comme le montre la figure ci-dessous.

Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

Caractéristiques du Pieu | Caractéristiques des sondages - Procédure Pieu Modèle | Caractéristiques des sondages - Procédure Modèle de terrain

Nom du pieu :

Côtes supérieure et inférieure du pieu :

Côtes NGF Côtes relatives ?

Côte du terrain naturel : (m)

Côte de la tête du pieu : (m) Côte de la pointe du pieu : (m)

Technique de mise en oeuvre : ? Catégorie équivalente pour le choix de a pieu-sol : ?

Géométrie du forage :

Dimensions de l'outil de forage :

Diamètre : (cm)
 Longueur du forage : (cm)
 Valeur du pas R : (m/t)
 Dimension df : (cm)

Effet de groupe :

Sans Objet - Les pieux sont éloignés entre eux de plus de 3 diamètres. Avec effet ?

mx : nx : dx : (m) 1 seule ligne

my : ny : dy : (m)

Section nominale de calcul du pieu est celle de l'outil de forage
 Abattement de 50% sur frottement axial qs pour pieu de plus de 25m ?

Charger l'affaire ... Sauvegarder l'affaire ... Réinitialiser Calcul Afficher la dernière note de calcul

Figure 6-1 - Formulaire d'entrée de données

6.2.2 Onglet n°1 – Caractéristique du pieu

L'onglet n°1 peut comporter une partie ou la totalité des champs de renseignement figurant dans l'image ci-dessous :

Caractéristiques du Pieu | Caractéristiques des sondages - Procédure Pieu Modèle | Caractéristiques des sondages - Procédure Modèle de terrain

Nom du pieu :

Côtes supérieure et inférieure du pieu :

Côtes NGF Côtes relatives ?

Côte du terrain naturel : (m)

Côte de la tête du pieu : (m) Côte de la pointe du pieu : (m)

Technique de mise en oeuvre : ? Catégorie équivalente pour le choix de a pieu-sol : ?

Géométrie du forage :

Dimensions de l'outil de forage :

Diamètre : (cm)
 Longueur du forage : (cm)
 Valeur du pas R : (m/t)
 Dimension df : (cm)

Effet de groupe :

Sans Objet - Les pieux sont éloignés entre eux de plus de 3 diamètres. Avec effet ?

mx : nx : dx : (m) 1 seule ligne

my : ny : dy : (m)

Section nominale de calcul du pieu est celle de l'outil de forage
 Abattement de 50% sur frottement axial qs pour pieu de plus de 25m ?

Charger l'affaire ... Sauvegarder l'affaire ... Réinitialiser Calcul

Figure 6-2 - Onglet Caractéristiques du pieu



Comme le montre la figure ci-dessus, il n'existe pas de différence concernant l'onglet « Caractéristiques du pieu » entre les procédures « Pieu Modèle » et « Modèle de terrain »

En conséquence, je renvoie le lecteur au [§5.4 Onglet n°1 – Caractéristiques du pieu page 29](#) pour tous les éléments de compréhension de cet onglet.

6.2.3 Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages – Procédure Pieu Modèle

Lors de son premier affichage, l'onglet « Caractéristiques des sondages – Procédure Pieu Modèle » se présente sous la forme suivante :

	Z (m)	Em (MPa)	Pf (MPa)	PI* (MPa)
*				

	Z toit (m)	Z base (m)	Lithologie	Classe de sol
*				

Figure 6-3 -

Bouton « Ajouter un sondage »

De base, le logiciel n'autorise le renseignement d'un seul sondage. Comme la reconnaissance géotechnique comprend plusieurs essais pressiométriques, vous serez amené à devoir renseigner d'autres sondages. Pour renseigner les sondages suivants, il vous faudra cliquer sur le bouton « *Ajouter un sondage* » autant de fois que la reconnaissance géotechnique a nécessité de sondages.

Bouton « Supprimer le sondage affiché »

Comme son nom l'indique, cliquez sur ce bouton pour supprimer le sondage affiché.

Profil pressiométrique et profil lithologique

Ces éléments sont identiques à ceux renseignés dans le cadre de la procédure *Modèle de terrain*. Je renvoie le lecteur au [§5.5.5 Les tableaux des profils pressiométriques et lithologiques pour plus d'information](#).

Ils peuvent être renseignés directement via le bouton
(Ce bouton permet de charger le profil

pressiométriques constitués de n valeurs depuis un fichier txt. Cela permet de renseigner les valeurs numériques et littérales de manière plus rapide, sans devoir les renseigner cellules par cellules dans les 2 tableaux du formulaire).

La réalisation du fichier de profil pressiométrique est indiquée au [§ 6.3 Fichier de données d'un sondage pressiométrique](#). Ce chapitre précise la forme et les données devant figurer dans ce fichier pour être exploitable par le présent logiciel.

Affichage Profil

Ce bouton permet d'afficher, sur un écran dédié, les courbes pressiométriques que vous avez renseignées précédemment. Cela permet de vérifier visuellement la forme des courbes et repérer éventuellement une erreur dans les données introduites.

Dimension de la surface d'investigation géotechnique :

Ces 2 champs sont propres à la procédure « Pieu Modèle », car suivant le nombre de sondages réalisés et la dimension en plan de la surface d'investigation géotechnique, les coefficients ξ_3 et ξ_4 vont varier (voir [§ 6.6.2 Calcul des facteurs de corrélation \$\xi_3\$ et \$\xi_4\$](#)).

Les valeurs des dimensions de la surface d'investigation géotechnique, sont identiques pour l'ensemble des sondages pressiométriques.

Niveau d'eau :

Identique à celui renseigné pour la procédure « Modèle de terrain » - Voir [§ correspondant](#) de la procédure précédente.

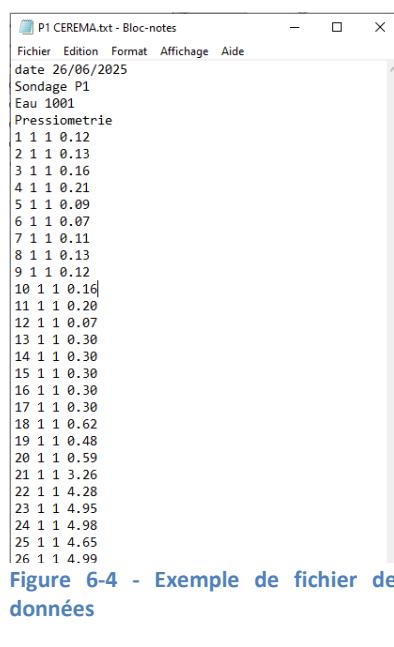
Evaluation des tassements

Identique à celui renseigné pour la procédure « Modèle de terrain » - Voir [§ 5.5.6 Evaluation des tassements](#) de la procédure précédente.

6.3 Fichier de données d'un sondage pressiométrique

La composition du fichier de données d'un sondage pressiométrique pour la présente procédure, est strictement identique à celui d'un fichier de données dans le cadre de la procédure « Modèle de terrain » pour un sondage

à moins de 5 m de l'implantation du pieu et valant valeurs caractéristiques., Voir [§ 5.8 Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique en sondage moins de 5 m.](#)



Line	Value 1	Value 2	Value 3
1	1	1	0.12
2	1	1	0.13
3	1	1	0.16
4	1	1	0.21
5	1	1	0.09
6	1	1	0.07
7	1	1	0.11
8	1	1	0.13
9	1	1	0.12
10	1	1	0.15
11	1	1	0.20
12	1	1	0.07
13	1	1	0.30
14	1	1	0.30
15	1	1	0.30
16	1	1	0.30
17	1	1	0.30
18	1	1	0.62
19	1	1	0.48
20	1	1	0.59
21	1	1	3.26
22	1	1	4.28
23	1	1	4.95
24	1	1	4.98
25	1	1	4.65
26	1	1	4.99

Figure 6-4 - Exemple de fichier de données

Exemple du fichier de données pour le sondage P1 de l'exemple n°4 du Cahier de validation.

Comme le montre la figure ci-contre, l'ordonnancement des valeurs est identique à celle demandée par le [§ 5.8 Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique en sondage moins de 5 m.](#) de la présente notice.

Les valeurs de Em et Pf ont été prises égale à 1 mais elles auraient pu être égale à n'importe quelle valeur, cela n'a pas d'importance dans le calcul. Ces valeurs ne sont pas exploitées dans l'algorithme de calcul.



6.4 Eléments de modélisation du sol

6.4.1 Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262

Aucune modification par rapport au [§5.11.1 - Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262](#). Les éléments indiqués précédemment sont applicable aussi à cette procédure.

6.4.2 Valeurs caractéristiques du sol dans le cadre de la procédure Modèle de terrain

Aucune modification par rapport au [§5.11.2 - Valeurs caractéristiques du sol dans le cadre de la procédure Modèle de terrain](#). Les éléments indiqués précédemment sont applicable aussi à cette procédure.

6.4.3 $P^*(z)$ profil des pressions limites nettes

Aucune modification par rapport au [§ 5.11.3 - \$P^*\(z\)\$ profil des pressions limites nettes](#). Les éléments indiqués précédemment sont applicable aussi à cette procédure.

6.4.4 Calcul de la pression limite nette équivalente ple*

Aucune modification par rapport au [§5.11.4 - Calcul de la pression limite nette équivalente ple*](#). Les éléments indiqués précédemment sont applicable aussi à cette procédure.

6.5 Eléments de modélisation et de calcul de pieux

6.5.1 Type de pieu et géométrie autorisés

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.1- Type de pieu et géométrie autorisés](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

6.5.2 Profondeur et longueur du pieu

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.2 - Profondeur et longueur du pieu](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

6.5.3 Surfaces et périmètres des éléments de fondation

6.5.3.1 Cas général

Suivant l'article A.10 de l'annexe A de la NF P94-262, la surface Ab et le périmètre P à prendre en compte pour le calcul des résistances limites des pieux sont déterminées à partir des valeurs nominales des outils de forage permettant leur réalisation, sauf pour ceux relevant des dispositions des articles A.10(2), (3) et (4).

Les géométries autorisées par type de pieu sont indiquées au [§6.5.1 - Type de pieu et géométrie autorisés](#) ci-dessus.

6.5.3.2 Cas particulier

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.3.2 - Cas particulier](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre

6.5.4 Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.4 - Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

6.6 Procédures de calcul

6.6.1 Généralités

Pour la procédure dite « Pieu modèle » et conformément à la NF P94-262, le logiciel utilise pour la détermination des valeurs de calcul de portance et/ou de résistance à la traction d'une fondation profonde, les valeurs des sondages pénétrométriques relevant d'une surface géotechnique homogène.

Il est rappelé que le choix de la procédure de calcul est sous la responsabilité de l'ingénieur géotechnicien, l'intervention de l'ingénieur structure se limitant à une vérification des calculs de portance, ce qui est l'objet du présent logiciel.

6.6.2 Calcul des facteurs de corrélation ξ_3 et ξ_4

Les facteurs de corrélation ξ_3 et ξ_4 sont calculés suivant l'équation (E.2.1) :

$$\xi_i(N, S) = 1 + [\xi'_i(N) - 1] \sqrt{\frac{S}{S_{ref}}} \quad (\text{E.2.1})$$

Avec :

- N : nombre de sondages
- S : surface d'investigation géotechnique

Les valeurs $\xi'_i(N)$ sont tirées des tableaux C.2.4.1 et C.2.4.2.

Suivant les recommandations du guide du CEREMA [3], il a été appliquée les mesures conservatoires suivantes, pour le calcul de $\xi'_i(N)$:

- Pour N=6 : $\xi'_i(N) = \xi'_i(5)$
- Pour N=8 et 9 : $\xi'_i(N) = \xi'_i(7)$
- Pour N=10 et supérieur : $\xi'_i(N) = \xi'_i(10)$

6.6.3 Calcul du tassement

Cf. [§5.13.2](#) - Calcul du tassement

6.6.4 Calcul de l'effet de groupe

Cf. [§5.13.3](#) - Calcul de l'effet de groupe

7 Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure modèle de terrain

7.1 Généralités

Le logiciel permet le calcul de la portance de pieux suivant les résultats des essais pénétrométriques par la procédure **Modèle de Terrain** en conformité avec les dispositions de l'Eurocode 7[1] et de la norme NF P94-262[2].

Les essais pénétrométriques sont conformes à l'annexe G de la NF P94-262[2] et sont définis comme des essais en place au pénétromètre statique à pointe mécanique ou électrique

Certaines parties de ce logiciel ont fait appel à des éléments figurant dans la littérature spécialisée en vue d'une clarification des concepts dont [3] et [4].

Je rappelle que le choix entre les deux procédures est opéré dans la page d'accueil du logiciel (Cf. § 3.1 Généralité et suivant).

Ce chapitre traite exclusivement de la partie de la procédure dite du « modèle de terrain ». Pour la procédure dite du « Pieu modèle », je renvoie le lecteur au §8 Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure Pieu Modèle ci-dessous.

Nota important :

Dans la suite du document, si ce dernier fait référence à une annexe ou à un chapitre sans autre précision, il s'agit toujours d'une annexe ou à d'un chapitre de la norme NF P94-262[2].

Rappel :

Dans les formulaires, vous verrez apparaître un ou plusieurs boutons portant cet icône  . Ces derniers permettent, en cliquant dessus, d'afficher une aide en ligne en rapport avec l'item lui faisant face.

7.2 Limites générales du logiciel

Les limites générales, dans cette version logicielle, sont les suivantes :

- Pieux de bâtiments ou assimilés, les dispositions particulières aux pont n'ont pas été intégrées dans le logiciel.
- Dans cette version logicielle, les calculs se limitent à la compression axiale.
- Pas de frottement négatif sur le pieu
- Pas de pieux fondés en site aquatique
- Pieux uniquement en béton, béton armé ou acier
- Essais pénétrométriques au pénétromètre statique à pointe mécanique ou électrique, cône sans jupe.

D'autres limites peuvent apparaître et sont indiquées dans les chapitres correspondant.

7.3 Généralités sur les données d'entrées

7.3.1 Présentation générale des deux onglets d'entrée de données

Le logiciel se présente sous forme de 2 onglets :

3. L'onglet n°1 qui permet de renseigner les caractéristiques géométriques et technologiques du pieu à calculer.
4. L'onglet n°2 qui permet de renseigner les caractéristiques des couches de sol pour la procédure dite « modèle de terrain ». Je rappelle que les caractéristiques du modèle de terrain sont définies par l'ingénieur Géotechnicien. Cela ne relève pas de l'ingénieur Structure. Ces données doivent figurer dans le rapport géotechnique.

De base, la présentation commence toujours par l'onglet n°1 comme le montre la figure ci-dessous.

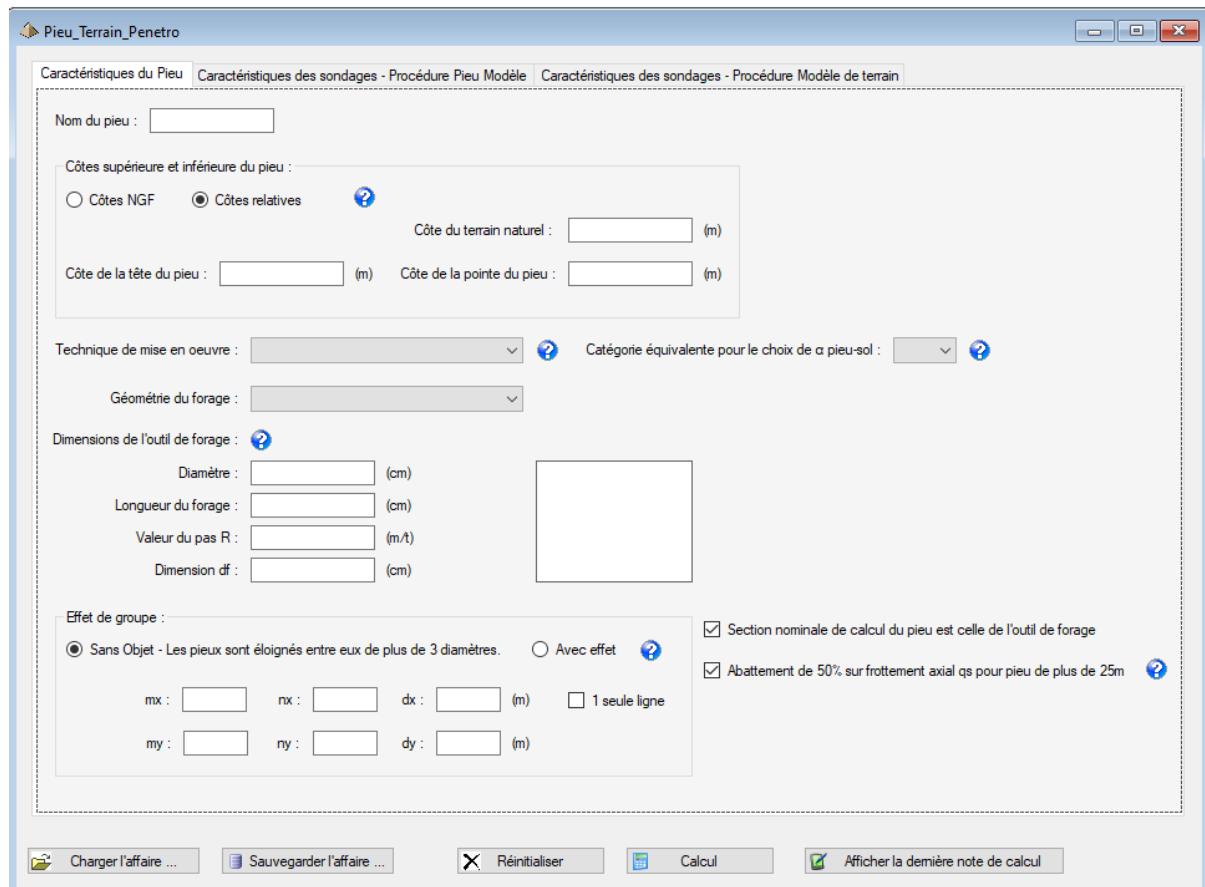


Figure 7-1 - Formulaire d'entrée de données

7.3.2 Dispositions communes aux 2 onglets « Caractéristiques du pieu » et « Caractéristiques des sondages ».

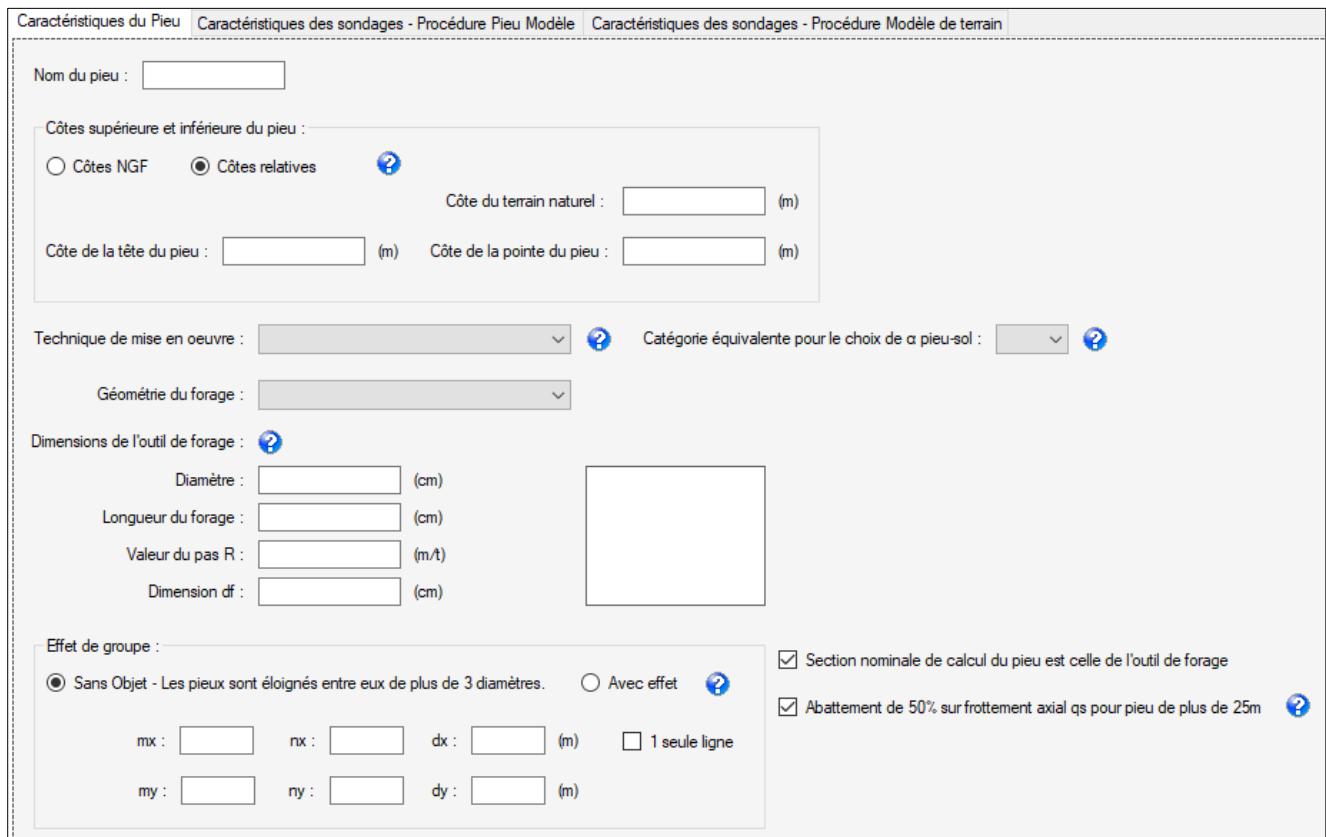
La référence des côtes altimétriques Z est le 0 de la côte altimétrique du pieu. Ou, autrement dit, le 0 altimétrique du pieu doit correspondre au 0 altimétrique de l'échelle Z des mesures des pressions limites.

Si ce n'était pas le cas, exemple un fond de fouille à -1m en dessous du terrain naturel et la mesure pressiométrique réalisée à partir du terrain naturel vont donner un décalage de 1m par rapport à la réalité du pieu.

Il faudra donc rétablir la cohérence des mesures en décalant l'échelle des mesures pressiométriques de 1 m vers le haut.

7.4 Onglet n°1 – Caractéristiques du pieu

L'onglet n°1 peut comporter la totalité ou une partie des champs de renseignement figurant dans l'image ci-dessous, dessous, la visibilité de ces champs est fonction de la technologie du pieu utilisé



Caractéristiques du Pieu | Caractéristiques des sondages - Procédure Pieu Modèle | Caractéristiques des sondages - Procédure Modèle de terrain

Nom du pieu :

Côtes supérieure et inférieure du pieu :

Côtes NGF Côtes relatives [?](#)

Côte du terrain naturel : (m)

Côte de la tête du pieu : (m) Côte de la pointe du pieu : (m)

Technique de mise en oeuvre : [?](#) Catégorie équivalente pour le choix de a pieu-sol : [?](#)

Géométrie du forage :

Dimensions de l'outil de forage :

Diamètre : (cm)

Longueur du forage : (cm)

Valeur du pas R : (m/t)

Dimension df : (cm)

Effet de groupe :

Sans Objet - Les pieux sont éloignés entre eux de plus de 3 diamètres. Avec effet [?](#)

mx : nx : dx : (m) 1 seule ligne

my : ny : dy : (m)

Section nominale de calcul du pieu est celle de l'outil de forage

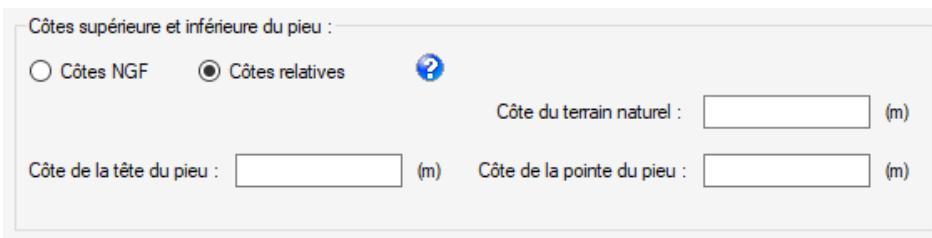
Abattement de 50% sur frottement axial qs pour pieu de plus de 25m [?](#)

Figure 7-2 - Onglet Caractéristiques du pieu avec l'ensemble de ses champs

Comme la figure le montre ci-dessus, cet onglet comporte un nombre de champs de renseignement assez important. Pour autant, tous ne seront pas demandés. Cela dépendra du modèle de pieux et du type de configuration de fondation.

Les éléments ci-après vont préciser les données attendues pour chaque champ et le cadre dans lequel ils s'appliquent.

7.4.1 La définition des côtes altimétriques applicables au pieu :



Côtes supérieure et inférieure du pieu :

Côtes NGF Côtes relatives [?](#)

Côte du terrain naturel : (m)

Côte de la tête du pieu : (m) Côte de la pointe du pieu : (m)

Vous devez indiquer si les côtes du pieu sont en côtes absolues NGF ou côtes relatives.

Si vous renseignez en côtes NGF, un troisième champ apparaît pour indiquer la côte du terrain naturel (ou terrain d'assise ou plateforme de travail ou terrain de fond de fouille). Cette côte correspond à celle à partir de laquelle le pieu sera enterré. Cette côte est exigée pour permettre au logiciel de calculer la profondeur D et la partie du pieu qui sera au-dessus du sol (exemple pour micropieus, palplanche, etc. ...)

La longueur du pieu (L) et sa profondeur (D) sont déduites des côtes ci-dessous

Exemple en **côtes relatives** :

- Côte de la tête de pieu : 0.40 côte relative. Cela signifie que le pieu sera arrêté 40 cm au-dessus du terrain naturel (ou terrain d'assise ou terrain de fond de fouille). Cela peut s'avérer être le cas pour des micropieux ou des pieux métalliques en H battus. Dans ce cas, $L = D + 0.40m$.
- Côte de la tête de pieu : 0.00 côte relative. Cela signifie que le pieu sera arrêté au niveau du terrain naturel. Dans ce cas, $L = D$
- Important : cette côte ne peut jamais être négative. Cela n'aurait pas de sens physique (le pieu commencerait en dessous du terrain d'assise !)
- Côte de la pointe du pieu : 5.80 côte relative. Cela signifie que la pointe du pieu sera arrêtée 5.80 m en dessous de la tête de pieu. Cette côte relative est égale à la partie enterrée du pieu.

Exemple en **côtes absolues (NGF)** :

- Côte du TN : 336 côte NGF. Côte de la tête de pieu : 336.50 NGF et côte de la pointe du pieu : 326 côte NGF
- Cela signifie que la pointe du pieu sera arrêtée 10,5 m en dessous de la tête de pieu et 10 en dessous du TN. Ce qui donnera les valeurs suivantes :
 - Longueur du pieu : $L = 10,50m$
 - Profondeur du pieu : $D = 10 m$

Il ne peut pas y avoir de panachage : soit en côtes NGF soit en côtes relatives pour les 2 côtes.

7.4.2 Techniques de mise en œuvre :

Les techniques de mise en œuvre correspondent au type de pieu que le projeteur souhaite calculer : pieu foré boue, pieu à la tarière creuse, micropieux, etc. ...

Classe	Catégorie	Technique de mise en œuvre	Abréviation	Norme de référence
1	1	Foré simple (pieux et barrettes)	FS	NF EN 1536
	2	Foré boue (pieux et barrettes)	FB	
	3	Foré tubé (virole perdue)	FTP	
	4	Foré tubé (virole récupérée)	FTR	
	5	Foré simple ou boue avec rainurage ou puits	FSR, FBR, PU	
2	6	Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation	FTC, FTCD	NF EN 1536
3	7	Vissé moulé	VM	NF EN 12699
	8	Vissé tubé	VT	
4	9	Battu béton préfabriqué ou précontraint	BPF, BPR	NF EN 12699
	10	Battu enrobé (béton – mortier – coulis)	BE	
	11	Battu moulé	BM	
	12	Battu acier fermé	BAF	
5	13	Battu acier ouvert	BAO	NF EN 12699
6	14	Profilé H battu	HB	NF EN 12699
	15	Profilé H battu injecté	HBI	
7	16	Palplanches battues	PP	NF EN 12699
1 bis	17	Micropieux type I	M1	NF EN 1536/14199/12699
	18	Micropieux type II	M2	
8	19	Pieu ou micropieux injecté mode IGU (type III)	PIGU, MIGU	NF EN 1536/14199/12699
	20	Pieu ou micropieux injecté mode IRS (type IV)	PIRS, MIRS	

Les techniques de mise en œuvre sont celles reconnues par le tableau A.1 de l'annexe A. Dans le cas où vous souhaiteriez utiliser ce logiciel pour le calcul d'un pieu relevant d'un technologie non reconnue par la NF P94-262[21], il conviendra de le rattacher à une catégorie du tableau ci-contre.

La technique de mise en œuvre est choisie conformément au tableau ci-contre (tableau A.1 de l'annexe A)

Ainsi, si le projeteur décide la mise en œuvre de pieux forés à la tarière creuse, ce dernier sera classé en classe 2, catégorie 6 et abréviation FTCD.

Figure 7-3 - Tableau A.1 de l'annexe A de la NF P94-262

7.4.3 Catégorie équivalente pour la détermination de $\alpha_{\text{pieu-sol}}$ pour les pieux et micropieux de catégorie 17 et 18 :

Suivant la note (b) du tableau F.5.2.1 de l'annexe F, pour les pieux et micropieux de catégorie 17 et 18, il convient de considérer les valeurs de frottement axial unitaire des techniques de pieux ou micropieux les plus proches sur le plan de la technologie.

C'est la raison pour laquelle, le logiciel demande l'assimilation à une catégorie équivalente. Il n'est fait aucune vérification sur la catégorie désignée, cette désignation restant sous la responsabilité du projeteur.

7.4.4 Non prise en compte de la résistance de pointe pour les micropieux

Pas de spécification particulière dans le cadre des essais pénétrométriques. Les conditions de mise en œuvre s'appliquant pour les essais pressiométriques, s'appliquent aussi aux essais pénétrométriques – Cf. [§5.4.4 Non prise en compte de la résistance de pointe pour les micropieux](#) [page 31](#) de la présente notice.

7.4.5 Surface et périmètre des éléments de fondation :

Suivant l'article A.10 de l'annexe A de la NF P94-262, la surface Ab et le périmètre P à prendre en compte pour le calcul des résistances limites des pieux sont déterminées à partir des valeurs nominales des outils de forage permettant leur réalisation.

Dimensions de l'outil de forage :	
Largeur du forage :	<input type="text"/> (cm)
Longueur du forage :	<input type="text"/> (cm)

Figure 7-4 - Dimensions du forage

En conséquence, le logiciel demande directement les dimensions de cet outil pour pouvoir faire les calculs de résistance de pointe et de frottement.

Dans le cas de la figure ci-contre, les dimensions demandées correspondent à celle d'une barrette (profil rectangulaire). Pour un pieu circulaire, un seul champ serait affiché portant sur le diamètre du forage.

La largeur du forage est toujours la dimension la plus petite du forage.

7.4.6 Abattement de 50%

Pas de spécification particulière dans le cadre des essais pénétrométriques. Les conditions de mise en œuvre s'appliquant pour les essais pressiométriques, s'appliquent aussi aux essais pénétrométriques – Cf. [§5.4.6 Abattement de 50%](#) [page 32](#) de la présente notice.

7.4.7 Abattement de 30% sur pieux vibrofoncés

Pas de spécification particulière dans le cadre des essais pénétrométriques. Les conditions de mise en œuvre s'appliquant pour les essais pressiométriques, s'appliquent aussi aux essais pénétrométriques – Cf. [§5.4.7 Abattement de 30% sur pieux vibrofoncés](#) [page 32](#) de la présente notice.

7.4.8 Effet de groupe

Pas de spécification particulière dans le cadre des essais pénétrométriques. Les conditions de mise en œuvre s'appliquant pour les essais pressiométriques, s'appliquent aussi aux essais pénétrométriques Cf. [§5.4.8 Effet de groupe](#)

7.5 Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages

7.5.1 Présentation

L'onglet se présente de la façon suivante, une fois renseigné (Exemple n°1 – Voir notice de validation du logiciel) :

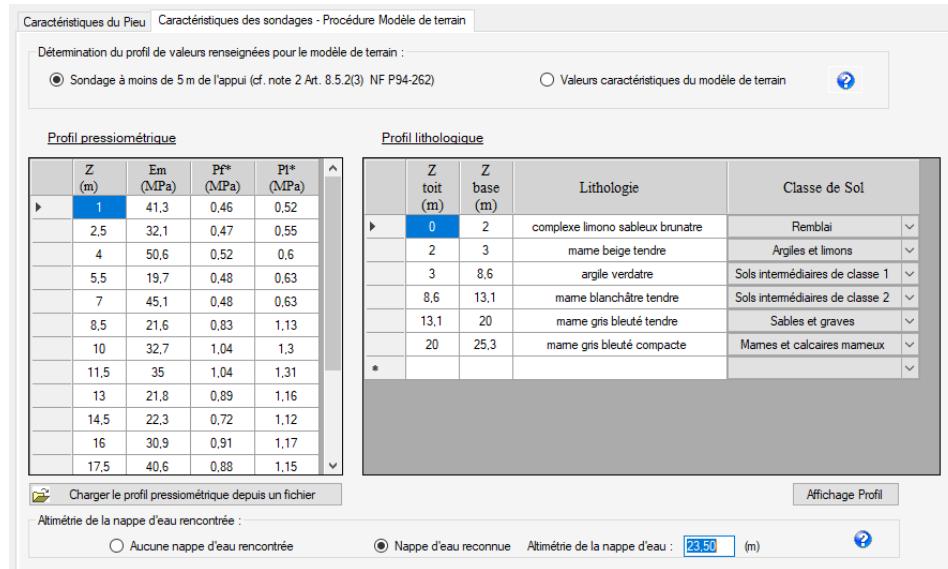


Figure 7-5 - Onglet valeurs pressiométriques suivant la procédure Modèle de terrain – Sondage 5 m

Cet onglet, présenté ci-dessus, n'a pas encore été renseigné, sauf pour la partie coche de détermination du profil de sondage (voir ci-dessous). Cette partie fait partie des variables initialisées par le logiciel.

7.5.2 Les boutons

Cet onglet affiche aussi 2 boutons :

Charger le profil pressiométrique depuis un fichier

Ce bouton permet de charger le profil pressiométriques constitués de n valeurs depuis un fichier txt. Cela permet de renseigner les valeurs numériques et littérales de manière plus rapide que de devoir les renseigner cellules par cellules dans les 2 tableaux du formulaire.

La réalisation du fichier de profil pressiométrique est indiquée au [§5.8 Fichier de données sous format txt pour profil pressiométrique ci-dessus](#). Ce chapitre précise la forme et les données devant figurer dans ce fichier pour être exploitable par le présent logiciel.

Affichage Profil

Ce bouton permet d'afficher, sur un écran dédié, les courbes pressiométriques que vous avez renseignées précédemment. Cela permet de vérifier visuellement la forme des courbes et repérer éventuellement une erreur dans les données introduites.

Voir [§5.7 Affichage des courbes des sondages pressiométriques page 38](#) pour plus de précisions.

7.5.3 Le niveau de l'eau

Si aucune nappe n'a été rencontrée ou aucune venue d'eau constatée, il suffit de cocher « Aucune venue d'eau rencontrée ».

Sinon, il s'agit d'indiquer, sur le profil du sondage, la profondeur à laquelle a été rencontrée la nappe d'eau ou des venues d'eau si le géotechnicien estime que ces dernières sont de nature à modifier les valeurs géotechniques du sol. Le logiciel laisse le libre choix au projeteur.

Si le niveau d'eau ne modifie pas le calcul de la valeur de portance, il peut toutefois modifier les valeurs de pression limite, ce qui, in fine, a une répercussion sur cette dernière.(Cf. §5.11.3 $P^*(z)$ profil des pressions limites nettes).

Pour des raisons de simple codage informatique, vous verrez peut-être dans les fichiers txt de données, la valeur 1001 face au niveau d'eau. Cette valeur numérique signifie simplement au logiciel qu'aucune venue d'eau n'a été rencontrée dans le sondage faisant l'objet du présent fichier – Voir précision dans le [§5.8](#)

7.5.4 Les tableaux des profils pénétrométriques et lithologiques

7.5.4.1 Le tableau du profil pénétrométrique

Ce tableau comprend 4 colonnes :

- La profondeur Z haut du sondage, en mètre, par rapport à la surface du sol, en mètre = niveau supérieur de la couche de sol. Elle sera prise égale à 0 si cette couche est la 1^{ère} couche de sol rencontrée.
- La profondeur Z bas du sondage, en mètre, par rapport à la surface du sol, en mètre = niveau inférieur de la couche de sol.
- Le coefficient directeur a de la droite de modélisation des valeurs de qc, en MPa/m ; Rappel : $q_c = a \times z + b$
- Le coefficient correctif b de la droite de modélisation des valeurs de qc, en MPa

Je rappelle que toutes ces valeurs sont extraites du rapport géotechnique et que le logiciel n'exécute aucun traitement sur ces valeurs.

Voir [§7.8.2](#) Valeurs des caractéristiques pénétrométriques des couches des différentes catégories de sol rencontrés [page 78](#) de la présente notice pour plus d'information sur le mode de modélisation.

Comme la modélisation du sol est réalisée par des segments de droites, il est possible de trouver plusieurs segments de droite dans la même couche lithologique – Voir [§8.7.1](#) - Exemple n°1 [page 87](#) du présent document pour illustrer ce cas de figure.

Dans le cas où vous avez une valeur de qc constante sur une certaine hauteur, par exemple sur toute une hauteur de couche, il suffit de prendre le coefficient directeur de la droite a égal à 0 et de prendre b égal à la valeur de la constante. Voir [§7.11.1](#) - Exemple n°1 illustrant ce cas pratique.

7.5.4.2 Le tableau du profil lithologique

Les différentes couches de sol sont indiquées de la surface vers la profondeur. La 1^{ère} couche de sol sera donc celle au contact de la surface et comprenant cette dernière si nécessaire. Il peut arriver certaines fois, par simplification, que l'on confonde la hauteur de terre végétale avec le remblai en dessous et que l'on intègre cette dernière dans le remblai.

Ce tableau comprend 4 colonnes :

- La profondeur du toit de la couche ou altimétrie haute de la couche soit celle la plus proche de la surface. Elle doit donc avoir une valeur numérique plus petite que la valeur numérique suivante, celle de la base de la couche. Le logiciel vérifie cette inéquation et identifie une erreur si la valeur de la base est supérieure à la valeur du toit. Le repère 0 ou la valeur origine est la surface du sol. La première couche de sol a donc sa profondeur de toit égale à 0.
- Une valeur numérique indiquant la profondeur de la base de la couche de sol ou altimétrie basse de la couche soit celle la plus éloignée de la surface. Important : la dernière valeur correspond à la valeur de l'arrêt de reconnaissance de sol.
- Le type de sol : le format est libre. Voir [l'exemple ci-dessus](#) pour le type d'indication

- La classe du sol sous forme de valeur numérique comprise entre 0 et 6. Ceux sont les 6 catégories conventionnelles définies au chapitre suivant, [§5.11.1Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262](#).

Les profondeurs sont des valeurs numériques positives et comme il s'agit de profondeur, la relation suivante doit toujours être respectée :

altimétrie (= profondeur) toit couche < altimétrie (= profondeur) base couche

7.5.5 Pénétromètre statique comportant un cône avec jupe

Pénétromètre statique comportant un cône avec jupe 

Les valeurs de résistance à la pénétration q_c à partir desquelles le logiciel effectue son calcul de résistance, sont supposées avoir été mesurées avec un pénétromètre sans jupe. Si ce dernier comporte une jupe, alors les valeurs de résistance calculées devront être divisées par un facteur de réduction égal à 1,3 conformément à l'article G.1(2).

Aussi, le projeteur doit indiquer si les valeurs renseignées par le géotechnicien l'ont été avec un pénétromètre avec jupe ou sans jupe :

- Pénétromètre avec jupe : la case sera cochée.
- Pénétromètre sans jupe : la case ne sera pas cochée.

Le type de pénétromètre est rappelé dans la note de calcul.

7.5.6 Evaluation des tassements

Evaluation des tassements suivant dispositions du §L.2 

Le logiciel propose l'évaluation des tassements du pieu en cochant la case ci-contre.

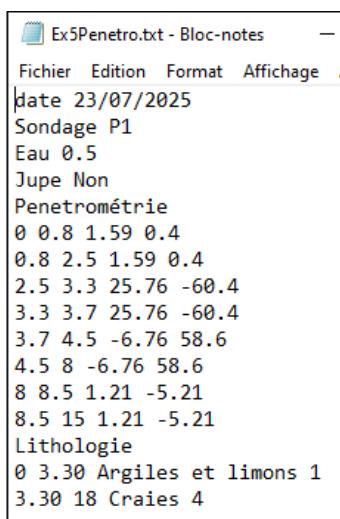
Les résultats du calcul seront affichés dans l'avant-dernier paragraphe de la note de calcul.

Voir [§5.13.2 - Calcul du tassement pour plus de détails](#).

7.6 Fichier de données sous format txt pour profil pénétrométrique

Ce fichier est fichier au format obligatoirement txt qui peut être écrit avec l'éditeur Notepad de Windows mais aussi avec n'importe quel éditeur sous réserve que le format du fichier soit bien du txt.

Ce fichier doit se présenter sous la forme suivante pour être compréhensible par le logiciel sinon des erreurs peuvent apparaître voire un plantage logiciel peut se produire :



```
Ex5Penetro.txt - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage
date 23/07/2025
Sondage P1
Eau 0.5
Jupe Non
Penetrométrie
0 0.8 1.59 0.4
0.8 2.5 1.59 0.4
2.5 3.3 25.76 -60.4
3.3 3.7 25.76 -60.4
3.7 4.5 -6.76 58.6
4.5 8 -6.76 58.6
8 8.5 1.21 -5.21
8.5 15 1.21 -5.21
Lithologie
0 3.30 Argiles et limons 1
3.30 18 Craies 4
```

Figure 7-6 - Fichier de données

Exemple de fichier de données pénétrométriques et lithologiques pour Modèle de Terrain ou Pieu Modèle sous format txt lisible par le logiciel

L'image ci-contre présente le fichier de profil pénétrométrique qui a servi de base à l'exemple n°5.

La date du sondage est le 23 juillet 2025 soit le 23/07/2025 suivant le format demandé.

Le nom du sondage est Sondage P1

Présence d'eau à 0,50m sous le terrain naturel

Jupe : cône sans jupe

Les intitulés peuvent être indiqués en minuscules ou majuscules, cela n'a aucune importance.

Il ne doit y avoir aucun blanc entre les différentes parties (pas de lignes sautées).

Le fichier doit comprendre **5 parties** qui doivent **absolument** respecter l'ordre suivant :

Partie n°1 : la date de réalisation de la modélisation du sol

Sur une ligne.

Elle doit être renseignée sur une seule ligne qui se présente sous le format avec initialement le mot-clé « date » d'abord puis la date ensuite sous format jj/mm/aaaa soit 2 chiffres pour le jour / 2 chiffres pour le mois / 4 chiffres pour l'année. Le / permet de séparer les jours du mois de l'année. Ainsi, si vous voulez indiquer le 1^{er} janvier 2022, vous devrez écrire sur la ligne : date 01/01/2022. Le nombre de blanc entre le mot clé date et la date elle-même n'a pas d'importance.

Partie 2 : le nom du sondage

Sur une ligne avec, en début de ligne, le mot-clé sondage. Le nom du sondage est le mot se trouvant immédiatement après le mot clé sondage. Dans l'exemple ci-dessus, le nom du sondage est p1.

Surtout important pour la procédure « Modèle de Pieu », car cela permet de différencier les sondages. Pour la procédure « Modèle de Terrain », cela n'a aucune importance, mais il faut indiquer une référence. Indiquer P1 si cela vous convient.

Partie 3 : le niveau de l'eau

Sur une ligne.

Elle est renseignée sur une seule ligne avec d'abord le mot-clé « eau » puis un blanc puis la profondeur à partir de laquelle a été constaté le niveau de l'eau. La profondeur doit correspondre à une valeur numérique positive sinon le logiciel renverra une erreur.

Pour indiquer aucune venue d'eau rencontrée, il faut indiquer la valeur clé 1001 (voir l'exemple ci-dessus).

Le niveau de l'eau est donné à titre indicatif, il n'intervient pas dans les calculs de portance.

Partie 4 : Pénétromètre statique avec ou sans jupe

Sur une ligne.

Elle est renseignée sur une seule ligne avec d'abord le mot-clé « jupe » puis un blanc puis les valeurs :

- Oui ou O ou o si le pénétromètre statique comporte une jupe
- Non ou N ou n si le pénétromètre statique ne comporte pas de jupe

Partie 5 : les caractéristiques pénétrométriques et lithologiques des différentes couches de sols rencontrés

Sur plusieurs lignes.

Cette partie comprend autant de lignes qu'il y a de caractéristiques de sol différents : une ligne par couche de sol, à minima, voire plusieurs si la modélisation paramétrique du sol l'impose

Cette partie commence toujours par le mot-clé « pen », pour indiquer que les lignes qui suivent, sont en rapport avec l'identification des différentes couches de sols qui vont constituer l'assise des fondations. Dans notre exemple, il est écrit « Penetrométrie », mais « pen » aurait suffi.

Chaque ligne doit comprendre 4 valeurs numériques, l'ensemble renseigné dans l'ordre suivant :

- Une valeur numérique indiquant la profondeur du toit de la couche ou altimétrie haute de la couche soit celle la plus proche de la surface, soit la limite haute de la modélisation pénétrométrique de la couche de sol
- Une valeur numérique indiquant la profondeur de la base de la couche de sol ou altimétrie basse de la couche soit celle la plus éloignée de la surface, soit la limite basse de la modélisation pénétrométrique de la couche de sol
- La valeur du coefficient directeur (a) de la droite de modélisation de la résistance de pointe q_c . Rappel : $q_c = a \times z + b$
- La valeur du coefficient correctif (b) de la droite de modélisation de la résistance de pointe q_c .

Important :

Les 2 premières valeurs sont des valeurs de profondeur soit de 0 à 15m si la reconnaissance de sol s'est arrêtée à 15m (ce qui est le cas dans notre exemple ci-dessus), 45m si la reconnaissance de sol s'est arrêtée à 45m et ainsi de suite

Les lignes doivent être renseignées du moins profond vers le plus profond, soit de la surface vers la profondeur d'ancrage du pieu.

Partie 5 : la lithologie du sol

Sur plusieurs lignes.

Cette partie comprend autant de lignes qu'il y a de types de sol différents

Cette partie commence toujours par le mot-clé « lithologie », pour indiquer que les lignes qui suivent, sont en rapport avec l'identification des différentes couches de sols qui vont constituer l'assise des fondations.

Chaque ligne doit comprendre 4 item renseignés dans l'ordre suivant :

- Une valeur numérique indiquant la profondeur du toit de la couche ou altimétrie haute de la couche soit celle la plus proche de la surface
- Une valeur numérique indiquant la profondeur de la base de la couche de sol ou altimétrie basse de la couche soit celle la plus éloignée de la surface

- Le type de sol : le format est libre. Voir [l'exemple ci-dessus](#) pour le type d'indication
- La classe du sol sous forme de valeur numérique comprise entre 0 et 6. Ceux sont les 6 catégories conventionnelles définies au chapitre suivant, [§5.11.1 Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262](#).

Les lignes doivent être renseignées du moins profond vers le plus profond, soit de la surface du terrain vers la pointe d'ancrage du pieu, en allant au-delà de cette dernière.

7.7 Vérification de la cohérence des données renseignées avant calcul

Les points suivants sont contrôlés par le logiciel et peuvent donner lieu à des avertissements mais la séquence de calcul est quand même lancée (le projeteur considère que ces avertissements sont non bloquant) soit à l'arrêt du calcul pour modifier les valeurs.

7.8 Eléments de modélisation du sol

7.8.1 Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262

Le sol est réparti en 6 catégories conventionnelles suivant le tableau B.2.1 de l'annexe B de la NF P94-262 :

- Classe : argiles avec % CaCO₃ < 30% et limons
- Classe : Sols intermédiaires
- Classe : sables et graves
- Classe : Craies
- Classe : Marne et calcaire marneux
- Classe : Roche altérée ou fragmentée

Les tableaux G.5.2.1, G.5.2.2 et G.5.2.3 conservent ce même nombre de classes (à contrario de ce qui se passe pour les essais pressiométriques).

Aussi, le logiciel demande au projeteur de répartir le sol en 7 classes logicielles, 6 classes relevant de la norme plus une classe Remblai dans laquelle aucune résistance par frottement et pointe ne peut être mobilisée :

- Classe logicielle 0 : correspond à du remblai. Aucun calcul n'est effectué sur cette partie.
- Classe logicielle 1 : classe argiles et limons relevant de la colonne « Argile %CaCO₃<30%, limon »
- Classe logicielle 2 : classe Sols intermédiaires
- Classe logicielle 3 : classe sables et graves
- Classe logicielle 4 : classe Craies
- Classe logicielle 5 : Marne et calcaire marneux
- Classe logicielle 6 : Rocher relevant de la colonne « Roche altérée ou fragmentée »

Important :

Pour la détermination de la valeur b , qui est la valeur de l'épaisseur de tranche de terrain considérée au-dessus de la base du pieu, valeur nécessaire au calcul de la valeur de la résistance à la pénétration équivalente q_{ce} , le logiciel détermine automatiquement la valeur h qui est la hauteur de la fondation profonde contenue dans la formation porteuse.

Le logiciel assimile cette valeur h à la hauteur de la dernière couche lithologique renseignée dans laquelle est ancré le pieu. Aussi, il est important de bien spécifier cette dernière même si celle-ci a la même classe que celle

immédiatement au-dessus. L'exemple n°5 du cahier de validation du logiciel met bien en exergue ce point. Voir aussi §8.7.1 - Exemple n°1 page 87 du présent document qui présente cet exemple.

7.8.2 Valeurs des caractéristiques pénétrométriques des couches des différentes catégories de sol rencontrés

Le logiciel modélise le profil des essais pénétrométriques sous forme de segment de droites.

En conséquence, le projeteur doit renseigner sur l'onglet n°2, le coefficient directeur de la droite (a) et le coefficient correctif (b) pour la droite correspondante à la modélisation des valeurs de résistance à la pénétration q_c entre 2 points altimétriques.

Cette modélisation sous forme de segment de droite est identique, que ce soit pour des valeurs caractéristiques ou pas, de la résistance à la pénétration q_c .

Pour rappel, la détermination des valeurs caractéristiques de chaque couche de sol est de la responsabilité de l'ingénieur Géotechnicien.

Pour rappel, La note 5 du §8.5.2(1) indique :

NOTE 5

La procédure dite du « modèle de terrain » consiste à déduire d'un modèle géotechnique du site, éventuellement découpé en zones homogènes, des valeurs caractéristiques $q_{b,k}$ et $q_{s,k}$ de la résistance de pointe et du frottement axial unitaire dans les différentes couches, puis à appliquer les formules générales (9.2.4.1) et (9.2.4.2) pour déterminer la portance caractéristique de la fondation profonde ou la formule générale (10.2.4) pour déterminer la résistance caractéristique de traction de la fondation profonde.

Dans le cas d'un sondage à moins de 5 m du point d'implantation du pieu, le projeteur peut assimiler les valeurs mesurées du sondage à des valeurs caractéristiques, pour réaliser le calcul de la portance du pieu.

La note 2 du §8.5.2(3) précise :

NOTE 2

Lorsqu'un sondage a été réalisé au droit d'un appui, en respectant la pratique usuelle, notamment en ce qui concerne l'espacement vertical des essais, on peut appliquer la procédure du « modèle de terrain » en prenant comme valeurs caractéristiques les valeurs issues directement du sondage, à condition que la stratigraphie du site soit régulière, que les sols soient relativement homogènes et que la surface d'appui soit limitée. D'une manière générale, on peut considérer que les valeurs du sondage s'appliquent telles quelles dans un rayon de moins de 5 m.

Si l'implantation définitive de votre pieu se situe à moins de 5 m d'un point de sondage et que ce dernier respecte les attendus de la note 2 ci-dessus, vous pouvez utiliser directement les données du sondage pour le dimensionnement de la portance du pieu.

Ou, autrement dit,

- Si le pieu est implanté à moins de 5 m du sondage
- Et si les 3 conditions suivantes sont respectées :
 1. Stratigraphie régulière du site soit que la stratigraphie soit plus ou moins la même sur l'ensemble du site d'implantation des pieux
 2. Sols relativement homogènes – Voir la note 1 du §F.4.2(3)
 3. Surface d'appui limité – Non précisé dans la suite de la norme mais indiqué dans le guide du CEREMA [3] ($S < 100 \text{m}^2$)

Les données du sondage sont considérées comme valeurs caractéristiques et peuvent être directement utilisées pour le dimensionnement.

De base, le projeteur se place :

- En procédure « Modèle de terrain », le logiciel considère alors que les valeurs de q_c renseignées, sont des valeurs caractéristiques.
- En procédure « Pieu Modèle », le logiciel considère alors que les valeurs de q_c renseignées, sont des valeurs de mesures.

Je rappelle que le choix de la procédure (procédure « Pieu modèle » ou « Modèle de terrain ») est de la responsabilité du Géotechnicien et le présent logiciel permet simplement le calcul de la résistance suivant la procédure choisie par le Géotechnicien.

7.8.3 Calcul de la résistance à la pénétration équivalente q_{ce}

Le calcul de la résistance à la pénétration équivalente (q_{ce}) est réalisé suivant les dispositions de l'article G.4.2.(3) de l'annexe G. Certaines précisions figurent dans le CCTG [5] et reprises par le CEREMA[3].

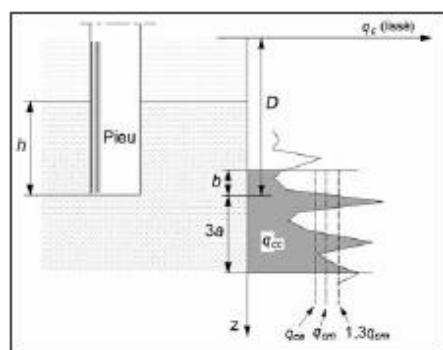


Figure 7-7 - Valeur de q_{ce}

q_{ce} est calculé à partir de l'expression suivante (expression F.4.2.3):

$$q_{ce} = \frac{1}{b + 3a} \int_{D-b}^{D+3a} q_{cc}(z) dz$$

Ou $q_{cc}(z)$ est le profil pénétrométrique corrigé (voir image ci-contre).

Les valeurs a et b sont précisées en §7.9.2 - Profondeur et longueur du pieu ci-dessous.

La représentation ci-contre de q_{ce} correspond à un calcul avec de multiples valeurs sur q_c , c.a.d en exploitation directe d'un sondage pénétrométrique.

Le logiciel fait le calcul de l'intégration sur des segments de droites modélisant la valeur moyenne de q_c . Cette modélisation en segments de droite est réalisée par le géotechnicien et reste sous sa responsabilité. L'exemple n°1 du guide du CEREMA [3] présente ce type de modélisation. Cet exemple est repris comme exemple n°5 dans le guide de validation du logiciel et est présenté au §8.7.1 - Exemple n°1 dans la suite du présent document.

Dans le cas où la valeur $D+3a$ est supérieur à la valeur de z la plus profonde, alors le segment de droite est prolongé à l'identique.

7.9 Éléments de modélisation et de calcul de pieux

7.9.1 Type de pieu et géométrie autorisés

Pas de modification par rapport aux attendus du §5.12.1- Type de pieu et géométrie autorisés. Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

7.9.2 Profondeur et longueur du pieu

Pas de modification par rapport aux attendus du §5.12.2 - Profondeur et longueur du pieu. Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

7.9.3 Surfaces et périmètres des éléments de fondation

7.9.3.1 Cas général

Suivant l'article A.10 de l'annexe A de la NF P94-262, la surface Ab et le périmètre P à prendre en compte pour le calcul des résistances limites des pieux sont déterminées à partir des valeurs nominales des outils de forage permettant leur réalisation, sauf pour ceux relevant des dispositions des articles A.10(2), (3) et (4).

Les géométries autorisées par type de pieu sont indiquées au [§7.9.1 - Type de pieu et géométrie autorisés ci-dessus](#).

7.9.3.2 Cas particulier

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.3.2 - Cas particulier](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre

7.9.4 Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.4 - Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

7.10 Procédures de calcul

7.10.1 Généralités

Conformément à la NF P94-262, le logiciel utilise pour la détermination des valeurs de calcul de portance et/ou de résistance à la traction d'une fondation profonde, deux modèles de calcul pour la procédure du « modèle de terrain » :

3. A partir des valeurs caractéristiques
4. A partir des valeurs d'un sondage placé à moins de 5 m du lieu d'implantation du pieu.

Pour le cas n°2 ci-dessus, la note 2 du §5.2.(3) de la NF P94-262 autorise l'utilisation des données d'un sondage pénétrométrique comme valeurs caractéristiques sous 3 conditions :

- Stratigraphie régulière du site
- Sols relativement homogènes
- Surface d'appui limité

L'utilisation d'un sondage implique que ces trois conditions sont respectées.

Il est rappelé que le choix de la procédure de calcul est sous la responsabilité de l'ingénieur géotechnicien, l'intervention de l'ingénieur structure se limitant à une vérification, ce qui est l'objet du présent logiciel.

Le logiciel réalise le calcul suivant les valeurs renseignées sur l'onglet « Caractéristiques des sondages – Procédure Modèle de terrain » :

- Soit à partir des valeurs caractéristiques
- Soit à partir des valeurs d'un sondage pressiométrique, sondage placé à moins de 5 m du lieu d'implantation du pieu.

7.10.2 Calcul du tassement

Cf. [§5.13.2 - Calcul du tassement](#)

7.10.3 Calcul de l'effet de groupe

Cf. [§5.13.3 - Calcul de l'effet de groupe](#)

7.11 Validation – Exemples de calcul

7.11.1 Exemple n°1

Cet exemple est tiré du guide du CEREMA [\[3\]](#) concernant l'application de l'Eurocode 7 et de la NF P94-262 au dimensionnement des fondations profondes – exemple n°3 pages 95 et suivantes.

Vous le trouverez en [Exemple n°6 dans le guide de validation](#) du présent logiciel.

Cet exemple est intéressant à plusieurs titres :

- Calcul du pieu à partir d'un essai au pénétromètre statique et application du modèle de terrain
- Prise en compte de micropieus avec leurs spécificités
- Le choix de du mode de renseignement des couches lithologiques. Les valeurs de qc sont constantes sur la hauteur de couche ce qui fait rendre le coefficient directeur de la droite a comme valeur nulle. La valeur b est prise égale à la valeur de qc sur la hauteur de la couche.
- La prise en compte de l'effet de groupe

Au final, les différences de valeurs entre celles calculées par le logiciel et celles présentées par l'ouvrage sont négligeables.

8 Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure Pieu Modèle

8.1 Généralités

Le logiciel permet le calcul de la portance de pieux suivant les résultats des essais pénétrométriques par la procédure **Pieu Modèle** en conformité avec les dispositions de l'Eurocode 7[1] et de la norme NF P94-262[2].

Les essais pénétrométriques sont conformes à l'annexe G de la NF P94-262[2] et sont définis comme des essais en place au pénétromètre statique à pointe mécanique ou électrique

Certaines parties de ce logiciel ont fait appel à des éléments figurant dans la littérature spécialisée en vue d'une clarification des concepts dont [3] et [4].

Je rappelle que le choix entre les deux procédures « Pieu Modèle » et « Modèle de terrain » suivant les essais pénétrométriques est opéré dans la page d'accueil du logiciel (Cf. § [3.1 Généralité](#) et suivant).

Ce chapitre traite exclusivement de la partie de la procédure dite du « Pieu modèle » suivant les essais pénétrométriques au pénétromètre statique. Pour la procédure dite du « modèle de terrain », je renvoie le lecteur au [§7 - Pieux – Dimensionnement suivant les essais pénétrométriques par la procédure modèle de terrain en page 67](#).

Certains éléments sont communs entre les deux procédures et pour éviter d'alourdir la présente notice, cette dernière renvoie au chapitre correspondant de la partie présentant la procédure Modèle de Terrain.

Nota important :

Dans la suite du document, si ce dernier fait référence à une annexe ou à un chapitre sans autre précision, il s'agit toujours d'une annexe ou à d'un chapitre de la norme NF P94-262[2].

Rappel :

Dans les formulaires, vous verrez apparaître un ou plusieurs boutons portant cet icône  . Ces derniers permettent, en cliquant dessus, d'afficher une aide en ligne en rapport avec l'item lui faisant face.

8.2 Données d'entrées

8.2.1 Présentation générale des deux onglets d'entrée de données

Le logiciel se présente sous forme de 2 onglets :

1. L'onglet n°1 qui permet de renseigner les caractéristiques géométriques et technologiques du pieu à calculer.
2. L'onglet n°2 qui permet de renseigner les caractéristiques des couches de sol pour la procédure dite « Pieu Modèle ».

De base, la présentation commence toujours par l'onglet n°1 comme le montre la figure ci-dessous.

Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

Caractéristiques du Pieu Caractéristiques des sondages - Procédure Pieu Modèle Caractéristiques des sondages - Procédure Modèle de terrain

Nom du pieu :

Côtes supérieure et inférieure du pieu :

Côtes NGF Côtes relatives [?](#)

Côte du terrain naturel : (m)

Côte de la tête du pieu : (m) Côte de la pointe du pieu : (m)

Technique de mise en oeuvre : [?](#) Catégorie équivalente pour le choix de a pieu-sol : [?](#)

Géométrie du forage :

Dimensions de l'outil de forage :

Diamètre : (cm)

Longueur du forage : (cm)

Valeur du pas R : (m/t)

Dimension df : (cm)

Effet de groupe :

Sans Objet - Les pieux sont éloignés entre eux de plus de 3 diamètres. Avec effet [?](#)

mx : nx : dx : (m) 1 seule ligne

my : ny : dy : (m)

Section nominale de calcul du pieu est celle de l'outil de forage

Abattement de 50% sur frottement axial qs pour pieu de plus de 25m [?](#)

[Charger l'affaire ...](#) [Sauvegarder l'affaire ...](#) [Réinitialiser](#) [Calcul](#) [Afficher la dernière note de calcul](#)

Figure 8-1 - Formulaire d'entrée de données

8.2.2 Onglet n°1 – Caractéristique du pieu

L'onglet n°1 peut comporter une partie ou la totalité des champs de renseignement figurant dans l'image ci-dessous :

Caractéristiques du Pieu Caractéristiques des sondages - Procédure Pieu Modèle Caractéristiques des sondages - Procédure Modèle de terrain

Nom du pieu :

Côtes supérieure et inférieure du pieu :

Côtes NGF Côtes relatives [?](#)

Côte du terrain naturel : (m)

Côte de la tête du pieu : (m) Côte de la pointe du pieu : (m)

Technique de mise en oeuvre : [?](#) Catégorie équivalente pour le choix de a pieu-sol : [?](#)

Géométrie du forage :

Dimensions de l'outil de forage :

Diamètre : (cm)

Longueur du forage : (cm)

Valeur du pas R : (m/t)

Dimension df : (cm)

Effet de groupe :

Sans Objet - Les pieux sont éloignés entre eux de plus de 3 diamètres. Avec effet [?](#)

mx : nx : dx : (m) 1 seule ligne

my : ny : dy : (m)

Section nominale de calcul du pieu est celle de l'outil de forage

Abattement de 50% sur frottement axial qs pour pieu de plus de 25m [?](#)

[Charger l'affaire ...](#) [Sauvegarder l'affaire ...](#) [Réinitialiser](#) [Calcul](#) [Afficher la dernière note de calcul](#)

Figure 8-2 - Onglet Caractéristiques du pieu



Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

Comme le montre la figure ci-dessus, il n'existe pas de différence concernant l'onglet « Caractéristiques du pieu » entre les procédures « Pieu Modèle » et « Modèle de terrain » dans le cadre de la détermination de la résistance de la fondation par les essais au pénétromètre statique.

En conséquence, je renvoie le lecteur au [§7.4 Onglet n°1 – Caractéristiques du pieu page 68](#) pour tous les éléments de compréhension de cet onglet.

8.2.3 Onglet n°2 – Caractéristiques des sondages – Procédure Pieu Modèle

Lors de son premier affichage, l'onglet « Caractéristiques des sondages – Procédure Pieu Modèle » se présente sous la forme suivante :

Caractéristiques du Pieu Caractéristiques des sondages - Procédure Pieu Modèle

Nombre de sondages : 1 Ajouter un sondage

Sondage n°1 Supprimer le sondage affiché

Dimensions de la surface d'investigation géotechnique :

Longueur : 1 (m) Largeur : 1 (m)

Profil pressiométrique Profil lithologique

	Z (m)	Em (MPa)	Pf (MPa)	PI* (MPa)
*				

	Z toit (m)	Z base (m)	Lithologie	Classe de sol
*				

Charger le profil pressiométrique depuis un fichier Affichage Profil

Altimétrie de la nappe d'eau rencontrée :

Aucune nappe d'eau rencontrée Nappe d'eau reconnue

Figure 8-3 -

Bouton « Ajouter un sondage »

De base, le logiciel n'autorise le renseignement d'un seul sondage. Comme la reconnaissance géotechnique comprend plusieurs essais pressiométriques, vous serez amené à devoir renseigner d'autres sondages. Pour renseigner les sondages suivants, il vous faudra cliquer sur le bouton « *Ajouter un sondage* » autant de fois que la reconnaissance géotechnique a nécessité de sondages.

Bouton « Supprimer le sondage affiché »

Comme son nom l'indique, cliquez sur ce bouton pour supprimer le sondage affiché.

Profil pénétrométrique et profil lithologique

Ces éléments sont identiques à ceux renseignés dans le cadre de la procédure *Modèle de terrain*. Je renvoie le lecteur au [§5.5.5 Les tableaux des profils pressiométriques et lithologiques pour plus d'information](#).

Ils peuvent être renseignés directement via le bouton **Charger le profil pressiométrique depuis un fichier** (Ce bouton permet de charger le profil pressiométriques constitués de n valeurs depuis un fichier txt. Cela permet de renseigner les valeurs numériques

et littérales de manière plus rapide, sans devoir les renseigner cellules par cellules dans les 2 tableaux du formulaire).

La réalisation du fichier de profil pressiométrique est indiquée au [§ 6.3 Fichier de données d'un sondage pressiométrique](#). Ce chapitre précise la forme et les données devant figurer dans ce fichier pour être exploitable par le présent logiciel.

Affichage Profil

Ce bouton permet d'afficher, sur un écran dédié, les courbes pressiométriques que vous avez renseignées précédemment. Cela permet de vérifier visuellement la forme des courbes et repérer éventuellement une erreur dans les données introduites.

Dimension de la surface d'investigation géotechnique :

Ces 2 champs sont propres à la procédure « Pieu Modèle », car suivant le nombre de sondages réalisés et la dimension en plan de la surface d'investigation géotechnique, les coefficients ξ_3 et ξ_4 vont varier (voir [§ 6.6.2 Calcul des facteurs de corrélation \$\xi_3\$ et \$\xi_4\$](#)).

Les valeurs des dimensions de la surface d'investigation géotechnique, sont identiques pour l'ensemble des sondages pénétrométriques.

Niveau d'eau :

Pas de spécification particulière. Voir [§ 7.5.3 Le niveau de l'eau](#) [page 72](#).

Pénétromètre avec jupe

Pas de spécification particulière. Voir [§ 7.5.5 - Pénétromètre statique comportant un cône avec jupe](#) [page 74](#) du présent document.

Evaluation des tassements

Identique à celui renseigné pour la procédure « Modèle de terrain » - Voir [§7.5.6 - Evaluation des tassements](#) de la procédure précédente.

8.3 Fichier de données d'un sondage pénétrométrique

La composition du fichier de données d'un sondage pénétrométrique pour la présente procédure, est strictement identique à celui d'un fichier de données dans le cadre de la procédure « Modèle de terrain »

Voir [§7.6 Fichier de données sous format txt pour profil pénétrométrique](#) pour plus d'information.

8.4 Eléments de modélisation du sol

8.4.1 Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262

Le sol est réparti suivant les mêmes 6 catégories conventionnelles figurant au [§7.8.1 - Classement des couches de sols suivant annexes de la NF P94-262](#) et [§7.8.2 - Valeurs des caractéristiques pénétrométriques des couches des différentes catégories de sol](#) rencontrés de la présente notice.

La procédure « Pieu Modèle » ne modifie en aucune sorte le classement des sols et leur mode de calcul de résistance.

Les classements de sols en catégories conventionnelles sont strictement identiques entre les deux procédures.

8.4.2 Valeurs des caractéristiques pénétrométriques des couches des différentes catégories de sol rencontrés

A contrario de la procédure « Modèle de Terrain », il est renseigné autant de sondage que la surface d'investigation géotechnique en comporte.

Ces éléments sont déterminés par l'Ingénieur Géotechnicien et doivent figurer dans son rapport.

Tous les autres éléments figurant au [§7.8.2 - Valeurs des caractéristiques pénétrométriques des couches des différentes catégories de sol rencontrés](#) restent valables pour le présent chapitre.

8.4.3 Calcul de la résistance à la pénétration équivalente q_{ce}

Pas de spécification particulière pour la présente procédure. Voir [§7.8.3 - Calcul de la résistance à la pénétration équivalente \$q_{ce}\$](#)

8.5 Eléments de modélisation et de calcul de pieux

8.5.1 Type de pieu et géométrie autorisés

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.1 - Type de pieu et géométrie autorisés](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

8.5.2 Profondeur et longueur du pieu

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.2 - Profondeur et longueur du pieu](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

8.5.3 Surfaces et périmètres des éléments de fondation

8.5.3.1 Cas général

Suivant l'article A.10 de l'annexe A de la NF P94-262, la surface Ab et le périmètre P à prendre en compte pour le calcul des résistances limites des pieux sont déterminées à partir des valeurs nominales des outils de forage permettant leur réalisation, sauf pour ceux relevant des dispositions des articles A.10(2), (3) et (4).

Les géométries autorisées par type de pieu sont indiquées au [§7.9.1 - Type de pieu et géométrie autorisés ci-dessus](#).

8.5.3.2 Cas particulier

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.3.2 - Cas particulier](#). Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre

8.5.4 Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente De

Pas de modification par rapport aux attendus du [§5.12.4 - Détermination de la hauteur d'encastrement équivalente \$De\$](#) . Tous les éléments indiqués dans ce dernier sont aussi applicables au présent chapitre.

8.6 Procédures de calcul

8.6.1 Généralités

Pour la procédure dite « Pieu modèle » et conformément à la NF P94-262, le logiciel utilise pour la détermination des valeurs de calcul de portance et/ou de résistance à la traction d'une fondation profonde, les valeurs des sondages pénétrométriques relevant d'une surface géotechnique homogène.

Il est rappelé que le choix de la procédure de calcul est sous la responsabilité de l'ingénieur géotechnicien, l'intervention de l'ingénieur structure se limitant à une vérification des calculs de portance, ce qui est l'objet du présent logiciel.

8.6.2 Calcul des facteurs de corrélation ξ_3 et ξ_4

Pas de spécification particulière pour la présente procédure. Voir [§6.6.2 - Calcul des facteurs de corrélation \$\xi_3\$ et \$\xi_4\$](#)

8.6.3 Calcul du tassement

Cf. [§5.13.2 - Calcul du tassement](#)

8.6.4 Calcul de l'effet de groupe

Cf. [§5.13.3 - Calcul de l'effet de groupe](#)

8.7 Validation – Exemples de calcul

8.7.1 Exemple n°1

Cet exemple est tiré du guide du CEREMA [3] concernant l'application de l'Eurocode 7 et de la NF P94-262 au dimensionnement des fondations profondes – exemple n°1 pages 84 et suivantes.

Vous le trouverez en exemple n°5 dans le guide de validation du présent logiciel.

Cet exemple est intéressant à plusieurs titres :

- Calcul du pieu à partir d'un essai au pénétromètre statique
- Calcul des coefficients de corrélation ξ_3 et ξ_4 avec une surface qui doit être corrigée (le logiciel corrige automatiquement cette surface)
- Le choix de du mode de renseignement des couches lithologiques. Le fait de regrouper les couches lithologiques qui ont même classe peut conduire à des erreurs de calcul du logiciel. Cet exemple montre bien qu'il faut dissocier toutes les couches pour être certain d'affecter la bonne hauteur d'encastrement.
- Le calcul du tassement suivant les dispositions du §L.2 de la norme.

Au final, les différences de valeurs entre celles calculées par le logiciel et celles présentées par l'ouvrage sont négligeables.

9 Caractéristiques du logiciel

9.1 Fonctionnalités par version

Les fonctionnalités sont indiquées par ordre décroissant car, pour ceux utilisant déjà le logiciel, c'est nettement plus commode de connaître rapidement les dernières fonctionnalités apportées.

9.1.1 Version 1.0

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

Diffusée le 7 septembre 2025 sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>.

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



Figure 9-1 - Ecran de présentation du logiciel

Il comprend les programmes suivants :

- Calcul de la portance des pieux et barrettes suivant la NF P94-262 suivant les essais pressiométriques ou pénétrométriques statiques en procédure Pieu Modèle ou Modèle de terrain (4 modules)
- Calcul de la capacité structurale de pieux en béton
- Calcul de contraintes du sol sous semelle rectangulaire soumise à une flexion déviée.

Tous ces programmes sont détaillés dans la présente notice.

9.2 Paradigme de codage

Pour ceux qui veulent comprendre le fonctionnement des algorithmes utilisés.

Le style de codage utilisé pour ce logiciel est un mélange de programmation orienté objet et de programmation procédurale.

De plus, il est fait référence en partie au design Patern MVVM en séparant nettement :

- Les formulaires qui ne servent qu'à l'entrée des données et, éventuellement, à un premier traitement de ces dernières. Ce premier traitement est relativement simple mais évite toute erreur par la suite comme la mise en forme des données. Ainsi, toutes dimensions sont en mètre. Pour autant, certaines

valeurs sont renseignées en cm car, il est habituel dans la profession de parler d'un pieu de 40 cm de diamètre plutôt que d'un pieu de 0.40m.

- Le moteur de calcul qui renferme le code métier
- Les feuilles de présentation de résultats.

Le logiciel ne comporte pas de base de données pour l'enregistrement des données d'entrées. Il ne m'apparaît pas que le volume des données soit suffisamment important pour justifier la mise en œuvre d'un tel outil. Les lecteurs me diront ce qu'ils en pensent.

Comme indiqué ci-après, les données sont des objets qui sont sauvegardés par sérialisation sous forme de fichier xml accompagnés d'un fichier txt pour les assembler. Il m'a semblé que cette façon de faire était la plus pertinente en matière de performance du logiciel et de complexité.

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

Il n'y a plus de variables générales comme les plus anciens d'entre nous ont pu les connaître dans les programmes informatiques. Ceux sont les classes qui remplacent ces variables et qui intègrent aussi quelques modules (puisque nous ne devons plus parler de sous-programmes !).

Il est indéniable que cette façon de programmer, avec des logiciels de programmation modernes comme Visual Studio, donne des programmes plus clairs et plus facile à comprendre, et à modifier ultérieurement.

Je rappelle, toutefois, comme indiqué ci-avant, il ne s'agit pas pleinement de Programmation Orienté Objet dans le sens où les programmes comportent un moteur de calcul de façon à retrouver les cheminements de pensée de la norme. Et parce que la Programmation Orienté Objet n'est pas la plus adaptée à une procédure linéaire de calcul.

Les formulaires bénéficient de la programmation évènementielle.

9.3 Utilisation du clavier numérique

Les données numériques sont supposées renseignées depuis le pavé numérique de votre clavier.

L'origine du Personal Computer étant anglo-saxonne, comme son nom l'indique, j'ai jugé préférable de conserver le . comme séparateur décimal et non la virgule , comme nous l'a appris l'école primaire. Cela facilite le codage, évite quelques erreurs de saisie et rend plus facile la saisie des nombres depuis le pavé numérique.

En effet, le logiciel dispose d'un module de vérification auquel il fait appel pour toutes les entrées numériques. Et un nombre avec virgule ne sera pas considéré comme numérique et lèvera une exception dans le programme.

Aussi, si dans votre frappe d'un nombre décimal, vous introduisez une virgule à la place du point, la virgule ne sera pas prise en compte. Ne soyez donc pas étonné, si en tapant sur une virgule, vous ne voyez rien apparaître à l'écran.

9.4 Fiche propriété du Setup

Capture de la fiche propriété du projet setup en version 1.0.

Manuel d'utilisation du logiciel MécaSol

Propriétés	
Setup Deployment Project Properties	
AddRemoveProgramsIcon	(None)
Author	LeFux
BackwardCompatibleDGeneration	False
Description	Logiciel de calcul géotechnique suivant l'Eurocode 7
DetectNewerInstalledVersion	True
InstallAllUsers	True
Keywords	
Localization	French
Manufacturer	LeFux Ingénierie
ManufacturerUrl	http://logiciels-batiment.chez-alice.fr/
PostBuildEvent	
PreBuildEvent	
ProductCode	{8B47B733-C78C-4EFC-8473-C53BE30BE0F
ProductName	MecaSol V1
RemovePreviousVersions	False
RunPostBuildEvent	On successful build
SearchPath	
Subject	
SupportPhone	
SupportUrl	http://logiciels-batiment.chez-alice.fr/
TargetPlatform	x86
Title	MecaSol Setup
UpgradeCode	{5D270D26-66E6-415A-A62A-509B945EDF
Version	1.0.0

AddRemoveProgramsIcon

Specifies an icon to be displayed in the Add/Remove Programs dialog box on the target computer

Pour l'afficher, ombrer le projet Setup avec la souris et appuyer sur la touche F4 et le panneau propriété apparaît. Sinon, il doit falloir passer par une commande via le menu.

A mettre à jour pour les versions suivantes.

Pour le moment, la TargetPlatform reste en X86 pour permettre au logiciel de pouvoir fonctionner sur Windows 7 SP1.

Pour le moment (2025), X86 et X64 sont compatibles, X86 fonctionne sur X64 (l'inverse n'est pas vrai).

Quand X86 ne sera plus rendu compatible avec x64, il faudra basculer sur ce dernier.

10 Bibliographie

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

Normes et recommandations :

- [1] NF EN 1997-1 juin 2005 et son Annexe Nationale Française de septembre 2006
- [2] NF P94-262 juillet 2013 avec son amendement A1
- [6] NF EN 1992-1-1 octobre 2005 et son Annexe Nationale Française de mars 2007
- [5] CCTG Fascicule 62 Titre V – Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil - 1993.

Livres pour l'ensemble du logiciel :

- [3] CEREMA Guide méthodologique Eurocode7 Application aux fondations profondes NF P94-262 Decembre_2014
- [4] Calcul des ouvrages géotechniques suivant l'Eurocode 7 - DUNOD 2017

Pour des points particuliers :

- Divers rapports géotechniques trouvables sur le net

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

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

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.