

Calculette Métal

Version V1.1

Manuel d'utilisation



(Page laissée blanche intentionnellement)



Programme de calcul d'éléments de structures métalliques suivant l'Eurocode 3

Logiciel **CALCULETTE METAL** version 1.1

1	Logiciel Calcuette Metal™	8
1.1	Présentation	8
1.2	A propos de la présente notice	8
1.3	Configuration requise pour l'utilisation du logiciel	9
1.1.1	Exécution directe du logiciel	9
1.1.2	Lecture du code source du logiciel – Compilation – Exécution	10
1.4	Téléchargement du logiciel	10
1.1.3	Sous format fichier d'installation :	10
1.1.4	Sous format code sources :	10
1.1.5	Traitement de texte interne :	12
1.5	Installation du logiciel	12
1.6	Procédure de désinstallation du logiciel	19
1.7	Limites du logiciel	20
2	Formulaire d'accueil du logiciel	21
2.1	Présentation	21
2.2	Boutons d'appels aux modules de calcul	22
2.3	Boutons génériques	22
2.3.1	Bouton « A propos... »	22
2.3.2	Bouton « Configuration »	23
2.3.3	Bouton « Aide »	23
3	Caractéristiques géométriques et mécaniques de section transversale de profilés	24
4	Classification des sections transversales	26
4.1	Présentation générale	26
4.2	Limitations du module	26
4.3	Formulaire de recueil des données	27
4.3.1	Présentation du formulaire	27
4.3.2	Éléments de recueil de données	28
4.4	Calculs	29
4.4.1	Généralité	29
4.4.2	Sous compression simple	29
4.4.3	Sous flexion simple suivant l'axe fort	30
4.4.4	Sous flexion simple suivant l'axe faible	30
4.4.5	Flexion composée dans le sens de la plus forte inertie :	30
4.4.6	Flexion composée dans le sens de la plus faible inertie :	31
4.4.7	Précisions complémentaires	31
4.5	Résultats	31
4.6	Exemples	32



4.6.1	Exemples pour profilés normalisés	32
4.6.2	Exemples intégrés dans les autres modules	33
5	Poutre continue à travées identiques sous charges uniformément réparties – Dimensionnement et vérification	34
5.1	Présentation du module.....	34
5.2	Limitations du module	34
5.3	Formulaire de recueil des données	35
5.3.1	Présentation du formulaire.....	35
5.3.2	Renseignement du formulaire	36
5.3.3	Actions sur le formulaire.....	39
5.4	Calcul	39
5.4.1	Modèle algorithmique	39
5.4.2	Limitations	40
5.5	Note de calcul.....	40
5.6	Exemples de calcul	41
5.6.1	Exemple n°1	41
5.6.2	Exemple n°2	41
5.7	Structure du fichier de données.....	42
6	Pannes de toiture - Dimensionnement et vérification	44
6.1	Présentation générale du module.....	44
6.2	Limitations.....	44
6.3	Formulaire de recueil des données	45
6.3.1	Présentation générale.....	45
6.3.2	Recueil des données	46
6.3.3	Commandes générales.....	56
6.4	Calcul	57
6.4.1	Modèle algorithmique	57
6.4.2	Limitations	62
6.5	Rendu du contrôle de dimensionnement – Note de calcul.....	63
6.6	Exemple de calcul.....	64
6.6.1	Exemple n°1	65
6.6.2	Exemple n°2	65
7	Calcul de la rigidité de cisaillement de tôles métallique	67
7.1	Préambule	67
7.2	Formulaire de recueil des données	67
7.3	Calcul	68
7.4	Exemples de calcul	69
7.4.1	Exemple n°1	69
7.4.2	Exemple n°2	69
7.4.3	Exemple n°3	70
8	Formulaire Configuration du logiciel	71
8.1	Présentation général.....	71
8.2	Onglet Général	72



8.3	Onglet Editeur	74
8.4	Onglet Matériaux	74
9	Ecran « A propos ».....	76
10	Caractéristiques du logiciel	77
10.1	Fonctionnalités par version	77
10.1.1	Version 1.1	77
10.1.2	Version 1.0	80
10.2	Evolutions logicielles à venir	80
10.2.1	Pour le module Poutre	80
10.2.2	Pour le module Panne.....	80
10.2.3	Pour le module Classification des profilés	80
10.2.4	Pour le module Caractéristiques géométriques et mécaniques de profilés	80
10.3	Structure du fichier de données.....	81
11	Bibliographie	82



Avertissement :

Le présent document est la notice d'utilisation du logiciel « Calculette Métal TM ».

Cette notice ne constitue pas un cours de construction métallique même si des rappels ou des éléments sont indiqués dans l'Aide contextuelle du logiciel et dans la suite du présent document, notamment pour bien formaliser les limites des méthodes utilisées ou des limites d'utilisation du logiciel.

L'utilisateur est réputé connaître les règles de dimensionnement de la construction métallique suivant les dispositions de l'Eurocode 3 et autres normes attachées, appréhender les dispositions technologiques qui les sous-tendent ces éléments et enfin, avoir été formés à l'usage de ces documents.

C'est la raison pour laquelle ce logiciel s'adresse avant tout, à des projeteurs expérimentés ou à des étudiants en cycle génie civil ayant acquis leurs cours de construction métallique et désirant approfondir leurs connaissances en matière de dimensionnement des éléments de charpente métallique figurant dans le présent logiciel.

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

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

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

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

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

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

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

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

Bonne lecture et bons calculs !



(Page laissée blanche intentionnellement)



1 Logiciel Calculette Metal™

1.1 Présentation

Le logiciel Calculette Métal® permet le calcul de composants de structures métalliques suivant le règlement européen de calcul Eurocode 3 complété par l'Annexe nationale française. D'autres éléments réglementaires peuvent venir en appui tels que des normes, des recommandations professionnelles ou des éléments figurant dans la littérature technique.

Ce programme comprend plusieurs modules, indépendants les uns des autres, et permettant :

- [La vérification du dimensionnement de pannes de toiture](#)
- [La vérification du dimensionnement de poutre métallique continue identique](#)
- [La détermination des classes de section transversale de profilés](#)
- [La détermination des caractéristiques géométriques et mécaniques de profilés.](#)
- [Le calcul de la rigidité en cisaillement de tôle métallique de couverture](#)

Le présent logiciel est conforme aux Eurocodes et aux Annexes Nationales Françaises quand ces dernières existent.

Pour certains éléments de construction, la conformité est réalisée par rapport à l'annexe provisoire. Cela est précisé dans le chapitre correspondant.



Rappel Important :

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

1.2 A propos de la présente notice

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

Pour éviter d'alourdir la notice, les exemples de calcul sont reportés dans un guide de validation, librement accessible sur la page dédiée à ce logiciel, dans la section téléchargement.

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

Les différents modules de calcul ont été conçus pour une utilisation la plus intuitive possible à un projeteur chevronné. Il suit donc un enchaînement logique des tâches tel que :

- J'entre les données : les exigences que devra couvrir l'élément de construction et les caractéristiques des différents constituants le composant.
- Une fois toutes les données renseignées, je demande au logiciel d'effectuer les calculs de dimensionnement.
- J'étudie les résultats obtenus.



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

La lecture de ce manuel n'est donc pas indispensable à l'utilisation du logiciel, son utilisation par un projeteur maîtrisant les règles de calcul de l'Eurocode 3 et de son environnement réglementaire doit se faire sans difficulté particulière, quelques fichiers d'aide accessibles par l'icône  disposés aux endroits pouvant donner lieu à interprétation, devraient permettre normalement d'éviter d'avoir recours à la présente notice. Si tel n'était pas le cas, l'auteur serait heureux de connaître les difficultés que vous avez rencontrées afin de pouvoir apporter une correction dans les éditions suivantes. N'hésitez donc pas à communiquer à l'auteur toutes vos remarques.

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

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

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

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

 Important :

Je rappelle que la présente notice ne constitue pas un cours de charpente métallique. Il est indispensable pour la bonne utilisation de ce logiciel que l'utilisateur connaisse les principes de dimensionnement des éléments de construction métallique visés par le présent logiciel et de son environnement réglementaire et notamment de l'Eurocode 3.

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

1.3 Configuration requise pour l'utilisation du logiciel

1.1.1 Exécution directe du logiciel

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

Il fonctionne sur tout ordinateur de type PC équipé des versions de Windows 7 SP1 à 10 64bits (Mac et Linux non couvert).

 Important :

Toutefois, le **framework .NET V4.6.1 devra être installé** sur votre ordinateur pour permettre le bon déroulement de la séquence d'installation. Sinon le programme d'installation du présent logiciel ne fonctionnera pas.



Le logiciel a été testé avec succès, sur PC équipé de Windows 7 SP1 sur lequel était installé le framework .NET V4.6.1.

Ce framework .NET est normalement installé sous tout PC fonctionnant sous Windows 10 à jour. Sinon il se trouve librement téléchargeable sur le site de la société Microsoft®.

1.1.2 Lecture du code source du logiciel – Compilation – Exécution

Ce programme a été écrit en VB.Net 2017® sous Visual Studio 2017® de Microsoft®.

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

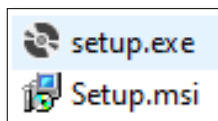
1.4 Téléchargement du logiciel

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

- **Avec le Setup d'installation.** Il suffira d'exécuter le fichier Setup avec les droits Administrateur pour lancer la séquence d'installation du logiciel. Le logiciel « Calculette Metal™ » sera alors directement exécutable sur votre ordinateur sous réserve des prérequis indiqué au §1.1.1 ci-dessus. Voir §1.1.3 Sous format fichier d'installation : ci-dessous.
- **Sous format code source.** Vous disposez du code source du logiciel. Vous pouvez le compiler pour obtenir l'exécutable et l'utiliser alors pour faire les calculs correspondant. Vous pouvez aussi, y apporter des modifications en le chargeant via Visual Studio™.

1.1.3 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

La séquence d'installation est détaillée au §1.5 - Installation du logiciel dans la présente notice, chapitre auquel je vous renvoie si vous souhaitez lancer l'installation du logiciel.

1.1.4 Sous format code sources :

Ce chapitre concerne uniquement ceux désirant comprendre et, éventuellement, modifier le logiciel. Ceux souhaitant seulement utiliser le logiciel, peuvent sauter le présent chapitre.

Dans le fichier compressé, vous allez trouver 4 projets :

- Projet « Calculette Metal™ » correspondant au logiciel « Calculette Metal™ »
- Les projets « complémentaires » :
 - Projet Editeur de texte correspondant au logiciel d'édition de texte interne au logiciel « Calculette Metal™ ».
 - Projet Module RTF contenant le module de construction de fichier au format rtf
- L'installateur :



- Porte le nom Setup. Il sert uniquement à créer la séquence d'installation du présent logiciel sous format directement exécutable Voir §1.1.3 - Sous format fichier d'installation :

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

Si vous ne téléchargez pas et n'installez pas sur votre disque dur, ces 2 programmes Adons, vous ne pourrez pas compiler et donc exécuter le présent logiciel. Avec Visual Studio, vous pourrez toujours lire mais vous ne pourrez pas compiler, cela vous affichera une erreur comme quoi des fichiers ne peuvent être trouvés, et pour cause, puisqu'ils n'ont pas été installés.

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

- Les fichiers :
 - Pour la solution : extension .sln,
 - Pour le projet **Calculette Métal** : avec les extensions .vb, .resx, .vbproj, ..vbproj.user : il s'agit des fichiers des différents modules constituant le logiciel proprement dit, soit les formulaires, écrans, module de calcul, etc. ... avec notamment, pour le projet « Calculette Métal » (sans que la liste ci-dessous soit exhaustive) :
 - Calculette Métal.vbproj et Calculette Métal.vbproj.user : fichiers créés par Visual Studio pour le projet.
 - EC3.vb : fichier regroupant l'ensemble du code de calcul. Il s'agit du moteur de calcul du logiciel. C'est dans ce fichier que vous retrouverez les lignes de code de calcul afférant à la vérification des assemblages, des pieds de poteaux, etc. ...
 - frmAide.designer.vb, frmAide.resx et frmAide.vb : formulaire d'aide. Chaque fois que vous ajoutez un formulaire à votre logiciel, Visual Studio crée automatiquement 3 fichiers correspondants xxx.designer.vb, xxx.resx et xxx.vb. Je vous renvoie à la documentation de Visual Studio pour la correspondance des différents fichiers. Sachez toutefois que le code faisant tourner le formulaire se trouve dans le fichier avec l'extension .vb.
 - frmCarProfil.resx et frmCarProfil.vb : formulaire de présentation des caractéristiques géométriques et mécaniques de profilés
 - frmClassification.Designer.vb, frmClassification.resx et frmClassification.vb : formulaire d'entrée de donnée pour la détermination de la classe d'un profilé.
 - frmConfig.Designer.vb, frmConfig.resx et frmConfig.vb : formulaire pour la configuration du logiciel.
 - Frmsplash.resx et Frmsplash.vb : formulaire affichant le module « A propos » indiquant l'auteur, le nom et la version du logiciel ainsi que les remerciements éventuels. Ce fichier n'a pas de formulaire Designer car il a été créé dans une ancienne version de Visual Studio.
 - Plus quelques autres ... **Liste non exhaustive**
- Les répertoires :
 - Data : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers de données. Important : ne supprimez pas ce répertoire car les sauvegardes de vos données lors du calcul de nouveaux projets, sont enregistrées dans ce répertoire. Si vous supprimez ce répertoire, vous risquez de planter le logiciel lors d'une sauvegarde.



- Aide : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers d'aide auquel vous pouvez faire appel depuis les formulaires du logiciel. Ces fichiers se trouvent au format mht pour être lisible depuis un navigateur internet. Ils s'affichent automatiquement dès que vous cliquez sur un bouton présentant l'icône .
- Note_de_calcul : ce répertoire est vide pour l'instant. Mais le logiciel y placera les notes de calcul au fur et à mesure de votre utilisation du logiciel.
- Matiere : ce répertoire comprend les fichiers des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles d'un certain nombre de profilés normalisés. Ces fichiers sont au format txt pour pouvoir être lu et modifié si nécessaire, par n'importe quel éditeur de texte, même le plus simple.
 - HE_HL.txt : fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés HEA, HEB, HEM, etc. ...
 - IPE.txt: fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés IPE, IPEA, etc. ...
 - IPN.txt: fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés IPN.
 - Rail.txt : fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés de rails pour pont roulant.
 - Corniere_L_egale.txt : fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques de cornières à ailes égales.

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 2017™ ou version ultérieure, gratuit sur le site de Microsoft, pour compiler et lancer l'exécution du logiciel.

Si vous utilisez Visual Studio™, je suppose que vous le maîtrisez, et donc vous saurez sans peine refaire l'édition de lien avec les 2 projets Adon indiqués ci-dessus (éditeur, module rtf, ...).

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

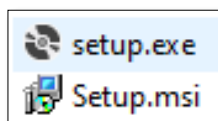
1.1.5 Traitement de texte interne :

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

Assurez-vous d'abord que votre ordinateur répond aux prérequis : voir §1.1.1- Exécution directe du logiciel.



Après avoir téléchargé l'archive de la solution d'installation, il faut d'abord décompresser l'archive puis installer ces 2 fichiers (setup.exe et setup.msi) dans un répertoire quelconque (le nom et l'emplacement de ce dernier n'a pas d'importance).



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

Cela va lancer la séquence suivante :

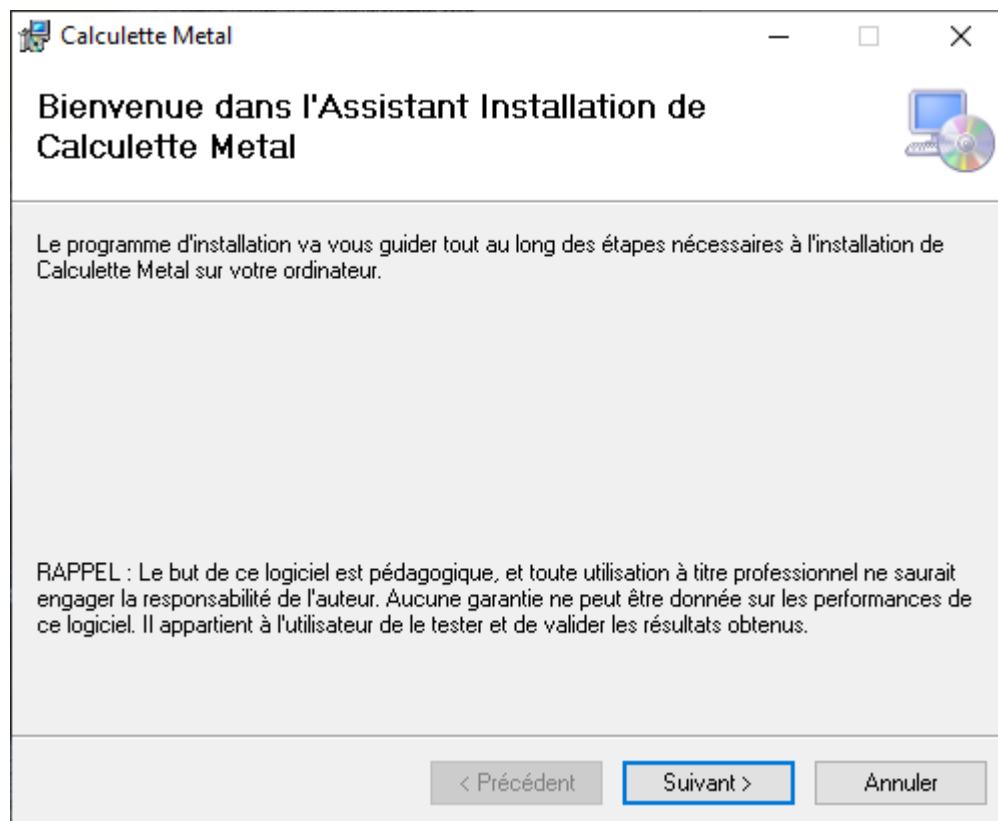


Figure 1-1 - Ecran initial de la séquence d'installation

Cliquez sur le bouton « Suivant ».

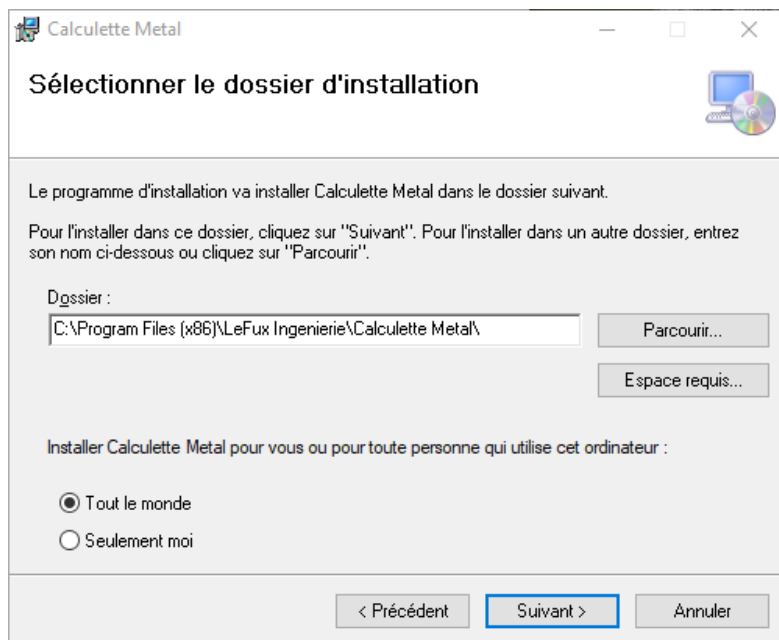


Figure 1-2 - Ecran pour sélectionner le répertoire d'installation

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

- 1^{er} 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^{ème} sous-répertoire que vous intitulerez « Calcullette Metal » (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\Calcullette Metal \ dans lequel vous trouverez tous vos fichiers.

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

Puis cliquez sur le bouton « Suivant ».

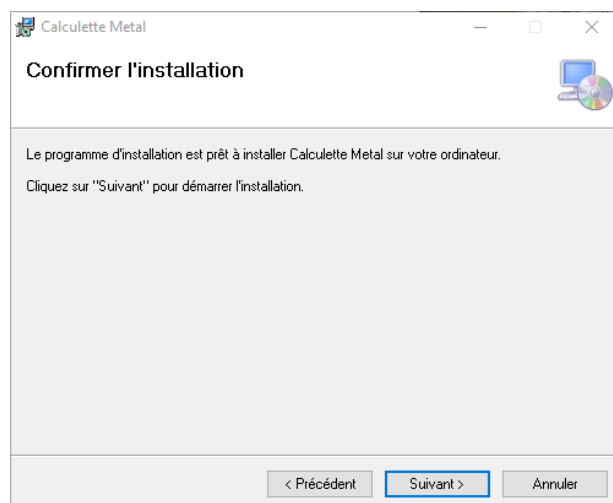


Figure 1-3 - Ecran de lancement de la séquence d'installation

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

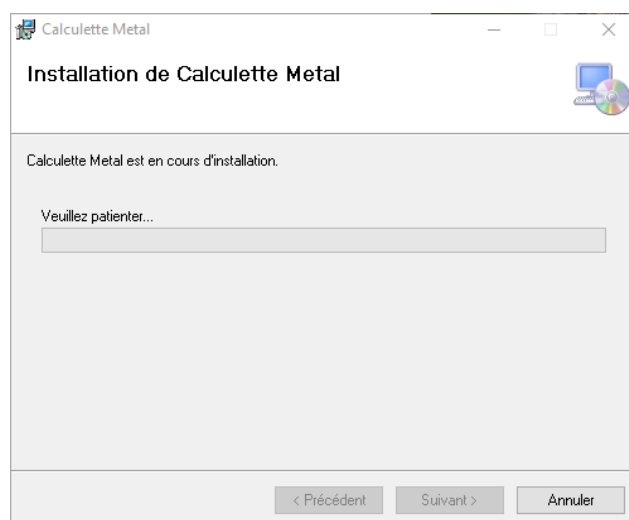


Figure 1-4 - Ecran de progression de l'installation

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

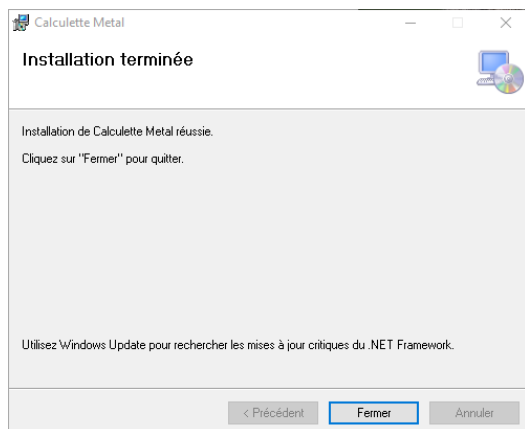


Figure 1-5 - Dernier écran

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

 Rappel Important :

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

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

Dans le répertoire d'installation, et avant toute utilisation du logiciel, vous devez retrouver les éléments figurant sur l'image ci-dessous :

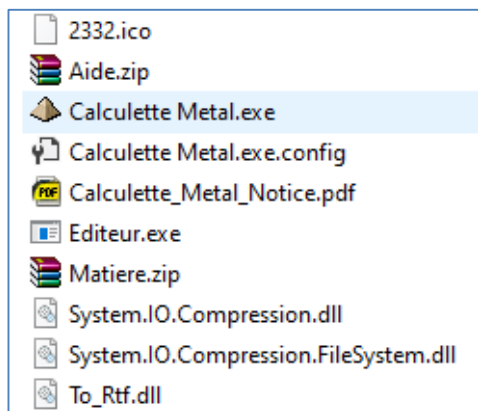


Figure 1-6 - Avant 1^{ière} exécution

S'il vous manque des fichiers ou si ce que vous avez sur votre ordinateur ne correspond pas à l'image ci-contre, le lancement du logiciel **lors de son 1^{ier} lancement** risque de planter.

Certains fichiers et répertoires ne figurent pas. C'est normal. Ils vont apparaître après le 1^{ier} lancement du logiciel. C'est ce dernier, lors de sa première exécution qui va mettre en place les sous-répertoires et fichiers nécessaire à sa bonne exécution.

Exécutez le 1^{ier} lancement de préférence par le raccourci se trouvant sur votre bureau ou dans le menu Démarrer. Evitez de le faire en cliquant directement sur le fichier Calcullette Metal.exe.



Rappel :

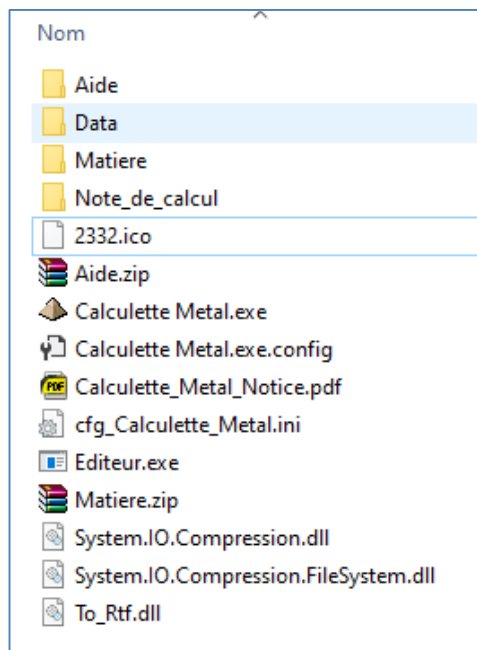
Les sous-répertoires « Aide », « Data », « Matiere » et « Note_de_calcul » ne sont pas affichés (comme dans la figure ci-dessus), ils vont automatiquement se créer lors de la 1^{ière} utilisation du logiciel Calculette Metal®.

Après la 1^{ière} exécution du logiciel, vous devez retrouver, dans le répertoire d'installation du logiciel, les fichiers et sous-répertoires suivants :

- Les fichiers :
 - Calculette Metal.exe : fichier exécutable du logiciel
 - cfg_Calculette_Metal.ini : fichier de configuration du logiciel
- Les répertoires :
 - Data : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers data des exemples figurants dans la présente notice. Important : ne supprimez pas ce répertoire car les sauvegardes de vos données lors du calcul de nouveaux projets, sont enregistrées dans ce répertoire. Si vous supprimez ce fichier, vous risquez de planter le logiciel lors d'une sauvegarde.
 - Aide : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers d'aide auquel vous pouvez faire appel depuis les formulaires de calcul. Ces fichiers se trouvent au format mht pour être lisible depuis un navigateur internet. Ils s'affichent automatiquement dès que vous cliquez sur l'icône .
 - Matiere : ce répertoire comprend les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles d'un certain nombre de profilés. Ces fichiers sont au format txt pour pouvoir être lu et modifié si nécessaire, par n'importe quel éditeur de texte, même le plus simple.
 - HE_HL.txt : fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés HEA, HEB, HEM, etc. ...
 - IPE.txt: fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés IPE, IPEA, etc. ...
 - IPN.txt: fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés IPN.
 - Rail.txt : fichiers des caractéristiques géométriques et mécaniques des profilés de rails pour pont roulant



Le répertoire doit alors se présenter sous la forme ci-dessous :



Le répertoire « Aide » comprend tous les fichiers d'aide contextuelle du logiciel, ceux que l'on appelle via l'icône .

Le répertoire « Data » comprend tous les fichiers descriptifs de données pour lancer les calculs de poteaux, pannes, chemin de roulement de pont roulant, etc. ...

Le répertoire « Matière » comprend tous les fichiers descriptifs des différents profilés métalliques : IPE, IPN, HEAN, etc. ...

Le répertoire « Note_de_calcul » comprend toutes les notes de calcul qui seront générées par les différents modules de calcul du logiciel.

Les fichiers Aide.zip et Matiere.zip n'ont alors plus d'utilité.

Je vous conseille toutefois de les conserver.

Car, si par inadvertance, les répertoires Aide et Matiere venaient à être supprimés, vous garderez toujours la possibilité de les recréer à

partir de ces fichiers.

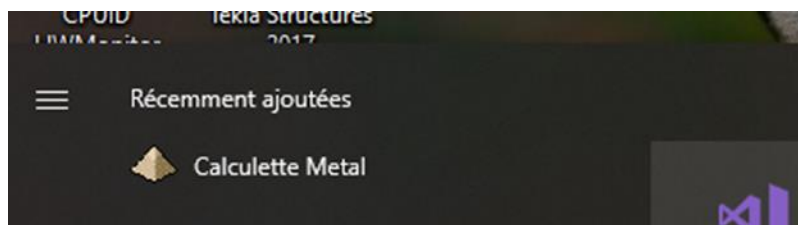


Comme le montre l'image ci-contre, il figurera sur votre bureau une image composée d'une pyramide avec le nom du logiciel « Calculette Metal ® » dessous et l'icône d'une flèche pour symboliser un raccourci.

Figure 1-7 - Raccourci bureau

Ce raccourci sur le bureau vous permettra de lancer directement le logiciel.

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



Le programme d'installation installe aussi, dans le menu « Démarrer » de Windows, le logiciel « Calculette Metal ».

Il figure à deux endroits, dans le menu « Démarrer » :

- En partie haute du menu « Démarrer » (du moins sous Windows 10 comme le montre l'image ci-dessus).
- Et, dans le sous-répertoire LeFux Ingenierie.

Dans mon cas de figure, comme j'ai précisé, dans le programme d'installation, que tous ces logiciels composaient la suite « LeFux Ingenierie », ils viennent donc tous s'installer dans ce répertoire.

Vous pouvez d'ailleurs constater la présence de quelques autres logiciels faisant partie des programmes disponibles sur mon site : <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>,

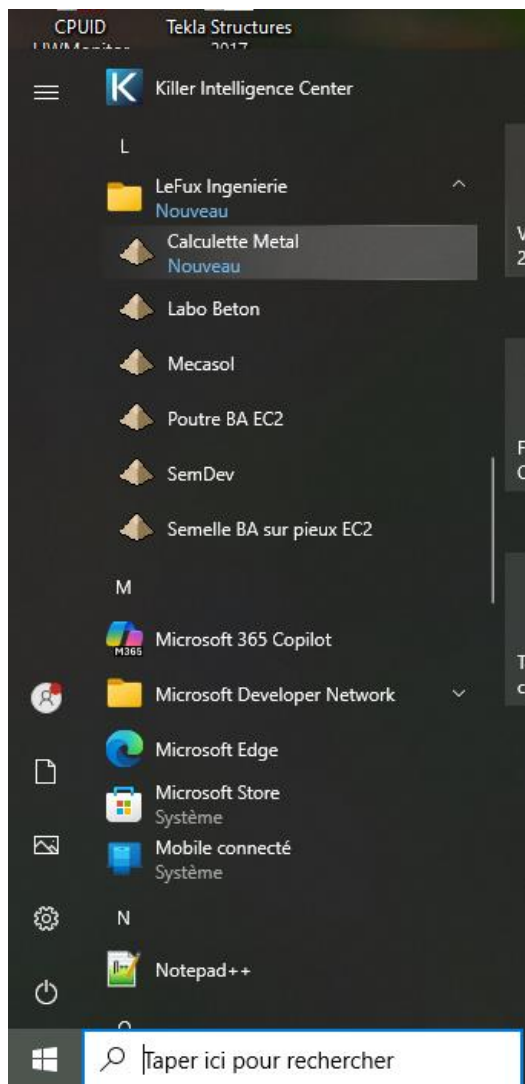


Figure 1-8 - Installation du logiciel dans le menu "Démarrer"

Cela donne un aspect plus professionnel et évite de voir disperser ces programmes dans le menu Windows. Cela se présentera donc sous la forme de l'image ci-contre.

Le terme « Nouveau » vient simplement indiquer que le logiciel vient d'être installé tout récemment (identique à tout type de logiciel installé récemment sous Windows).

Vous pouvez donc lancer le logiciel depuis cette barre de tâches, comme n'importe quel autre logiciel.

1.6 Procédure de désinstallation du logiciel

Si vous souhaitez désinstaller le logiciel, il vous suffit d'appliquer la même procédure que pour tous les logiciels Windows :

- Suivre le chemin suivant (identique à la désinstallation de n'importe quel type de logiciel sous Windows) Démarrer>Paramètres>Applications>Applications et fonctionnalités
- Sélectionner dans la liste le logiciel « Calculette Metal™ » et vous cliquez sur le bouton « Désinstaller ». Et la procédure de désinstallation va démarrer.

L'image ci-dessous montre une étape de la désinstallation, habituelle à n'importe quelle désinstallation.



Figure 1-9 - Désinstallation du logiciel

1.7 Limites du logiciel

Les limites sont propres à chaque module de calculs.

Toutefois, il existe une limite générale à l'ensemble des modules : les calculs sont établis suivant l'Eurocode 3 avec les annexes nationales françaises. Ils ne pourront donc pas être utilisés pour le dimensionnement et la vérification d'éléments se situant dans un pays en dehors de la France.

Chaque module de calcul indique donc ses propres limites.



2 Formulaire d'accueil du logiciel

2.1 Présentation

Au lancement du logiciel, vous voyez apparaître la page de menu ci-dessous qui vous permettra de vous orienter vers le calcul que vous souhaitez effectuer

Cette page se présente de la manière suivante :



2-1 – Menu général

Certains modules ne s'affichent pas dans la version 1.1 car ils ne sont pas encore validés.

Chaque bouton correspond à un module de calcul. Ainsi, si vous cliquez sur le bouton « Pannes de toiture », vous allez activer la procédure de vérification de dimensionnement de pannes de toiture.

Si vous avez un profilé de type HEB360 et que vous souhaitez connaître sa classe, vous cliquez sur le bouton « Classification de profilés » pour lancer la procédure de détermination.

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.



2.2 Boutons d'appels aux modules de calcul

Le formulaire d'accueil comprend 5 boutons d'accès aux divers modules de calcul proposés par le logiciel, soit autant de boutons qu'il existe de modules de calculs, tous indépendants les uns des autres.

1. [Bouton « Poutre »](#) : Dimensionnement de poutre métallique comprenant une ou plusieurs travées identiques en charges uniformément réparties et en portée.
2. [Bouton « pannes de toitures »](#) : Vérification de profilé de type IPE ou IPN employé comme panne de toiture.
3. [Calcul de la rigidité de cisaillement de tôles métallique](#) : Cette vérification conduite suivant l'EN1993-1-5 permet de vérifier que la tôle de couverture par exemple est suffisamment rigide pour empêcher tout déversement de la panne de couverture qui la supporte.
4. [Détermination des caractéristiques géométriques et mécaniques de profilés](#) : cela comprend notamment le calcul de la section, des modules élastiques et plastiques du profilés suivant ces deux axes principaux d'inertie, le module de torsion, etc. ... En bref, calcul de tous les éléments géométriques et mécaniques nécessaires aux vérifications imposées par l'Eurocode 3.
5. [Détermination de la classe d'un profilé](#) : l'Eurocode autorisant le calcul en plasticité, la notion de classe de profilé a été introduite pour apprécier la possibilité de plastification section par section. Ainsi, suivant les caractéristiques géométriques et mécaniques de la section et le type de sollicitation auquel il est soumis (compression, flexion), un profilé aura une plus ou moins grande possibilité de plastification. Cela sera caractérisé par son degré de classement.

Ce logiciel est complémentaire du logiciel Structure. Vous pouvez donc l'utiliser pour pré-dimensionner un composant de votre ossature.

Les calculs sont réalisés en conformité avec l'Eurocode 3 et son Annexe Nationale française. 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. A titre d'exemple, la détermination des moments de déversement est établie suivant les éléments découlant de la littérature technique sans que cela ne soit en opposition avec l'Eurocode, ce dernier renvoyant d'ailleurs à cette documentation.

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

Pour accéder à chaque composant, vous devez nécessairement passer par le menu général. Outre vous orienter vers le module souhaité, ce menu vous indique la version logicielle via le bouton « A propos... », vous donne accès à la configuration du logiciel suivant les options qui vous conviennent le mieux, et, enfin, à la présente notice.

2.3 Boutons génériques

2.3.1 Bouton « A propos... »

Le bouton « A propos... » vous permet d'accéder à l'écran « A propos » qui affiche les informations suivantes :

- Version du logiciel que vous exécutez
- Remerciements
- Dates de création du logiciel
- Rappel succinct des conditions d'utilisation du logiciel



Voir §9 - Ecran « A propos » page 76 de la présente notice.

2.3.2 Bouton « Configuration »

Le bouton « Configuration » vous permet d'accéder au formulaire « Configuration » du logiciel.

Voir §8 - Formulaire Configuration du logiciel page 71 de la présente notice.

2.3.3 Bouton « Aide »

Le bouton « Aide » vous permet d'accéder à la notice du logiciel (soit le présent document) sous format pdf.

Assurez-vous que votre ordinateur dispose d'un lecteur pdf !



3 Caractéristiques géométriques et mécaniques de section transversale de profilés

Ce formulaire affiche les caractéristiques géométriques et mécaniques de section transversale de profilés normalisés en I ou H.

L'intérêt de ce formulaire est de récupérer les caractéristiques mécaniques et géométriques de profilés dont vous aurez besoin pour les différents calculs que vous aurez à mener suivant l'Eurocode 3.

Un seul choix dans cette version logicielle :

- **Profilés normalisés :**
 - Pour la version 1.0, les profilés normalisés sont les suivants :
 - IPN : attention, certains profilés figurant sur la base de données ne sont plus livrés
 - IPE
 - HEA
 - HEB
 - Cornière à ailes égales
 - Dans les versions suivantes, d'autres profils normalisés seront intégrés à la base.

Les caractéristiques des profilés normalisés sont éditées à partir des fichiers txt se trouvant dans le même répertoire que le logiciel. Une erreur surviendra si vous déplacez ou supprimez ces fichiers. Ces fichiers txt sont issues du fichier Excel du catalogue 2006 des profilés édités par la société Arcelor. Il est possible que certains profilés ne soient plus livrés. D'autre part, certains profilés figuraient sur les catalogues de l'OTUA et n'ont pas été repris dans ce catalogue. Il s'agit essentiellement de profilés non standard.

Les caractéristiques ne se trouvant pas dans les catalogues de profilés sont calculées par le logiciel.

Le formulaire se présente de la manière suivante, lors de son premier affichage :



Détermination des caractéristiques géométriques

Caractéristiques géométriques

Aire (cm²)

h (mm)

b (mm)

tf (mm)

tw (mm)

r (mm)

d (mm)

Ys (mm)

Masse du profilé (kg/m)

Centre de gravité (cm)

Classe âme comprimée :

Classe semelle comprimé :

Semelle supérieure :

Semelle inférieure :

Modèle:

Type:

Qualité de l'acier du profilé: Nuance d'acier S 235

Affichage des caractéristiques géométriques mécaniques et classification

3-1 - Formulaire de détermination des caractéristiques géométriques et mécaniques de section de profilé

Une fois que vous avez choisi le type de profilé dont vous voulez connaître les caractéristiques et que vous avez renseigné les champs correspondants, vous devez cliquer sur le bouton « Affichage des caractéristiques géométriques ».

Si vous avez oublié de renseigner un ou plusieurs champs, une icône d'exclamation apparaîtra à côté du ou des champs non documentés.

L'affichage des caractéristiques est réalisé sur les onglets « Caractéristiques géométriques », « Caractéristiques mécaniques » et « Valeurs efficaces » :

- Onglet « Caractéristiques géométriques » :
Les diverses dimensions du profilé, les surfaces, la masse linéaire et les classes
- Onglet « Caractéristiques mécaniques » :
Les surfaces, inerties, modules plastiques et élastiques, rayon de giration, inertie de torsion, etc. ... l'ensemble suivant les axes principaux de la section.
- Onglet « **Valeurs efficaces** » (Non disponible dans cette version logicielle) : Cet onglet ne présente d'intérêt que pour les sections de classe 4. Elle affiche l'aire efficace et les modules efficaces suivant YY et suivant ZZ. Ces valeurs sont calculées par le logiciel.



4 Classification des sections transversales

4.1 Présentation générale

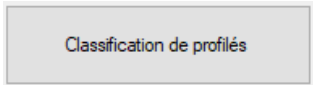
Ce module réalise la classification de la section transversale du profilé renseigné, sous les formats suivant :

- Compression pure,
- Flexion simple suivant l'axe fort,
- Flexion simple suivant l'axe faible,
- Flexion composée de type Flexion – Compression suivant l'axe fort avec les valeurs de compression limites entre deux classes.
- Flexion composée de type Flexion – Compression suivant l'axe faible avec les valeurs de compression limites entre deux classes.

Cette classification est réalisée conformément aux dispositions du §5.5 de l'EN1993-1-1 [1].

Les autres modules du logiciel tels que « Poutre », « Panne », etc. ... font appel à ce module pour la classification du profilé utilisé. Cet appel est complètement transparent pour l'utilisateur du logiciel car il n'est mis en œuvre que le moteur de calcul sans les interfaces de recueil de données et d'affichage des résultats.

Ce module comprend un unique formulaire depuis lequel la classification des sections transversales est réalisée.



Classification de profilés

Ce formulaire est accessible depuis le bouton ci-joint, se trouvant dans le menu général en page d'accueil du logiciel Calculette (cf §2**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** [Page d'accueil du logiciel](#)).

Ce formulaire est l'équivalent informatique du formulaire de documentation SD001a [7] rédigé par le groupement « Access Steel », pour la détermination de la classe des profilés.

4.2 Limitations du module

Type de section transversale prise en charge par le logiciel:

Le logiciel accepte, pour la version logicielle 1.1, les sections transversales suivantes :

- Profilés laminés de type :
 - IPN : de 80 à 600
 - IPE : de 80 à 600
 - HEA : de 100 à 1000
 - HEB : de 100 à 1000
- Profilé Reconstitué Soudé (PRS) en I :
 - Mono-symétrique par rapport l'axe vertical zz : les semelles haute et basse peuvent être différentes en terme de largeur et/ou d'épaisseur.
 - Bi-symétrique : symétrique par rapport à yy et zz

Classe de résistance des profilés :



Les nuances d'acier proposées sont limitées à :

- S235
- S275
- S355
- S420
- S460

Résultats établis :

Dans le cadre d'une flexion composée dans le plan z soit sous effort $N + M_y$, l'effort normal N est un effort de compression. Le logiciel ne prend pas en compte d'effort de traction.

Dans le cadre d'une flexion composée dans le plan y soit sous effort $N + M_z$, l'effort normal N est un effort de compression. Le logiciel ne prend pas en compte d'effort de traction.

4.3 Formulaire de recueil des données

4.3.1 Présentation du formulaire

Le formulaire de recueil des données se présente sous la forme suivante lors de son premier affichage

Effectivement, le formulaire est plutôt vide.

Lors de sa première présentation, le formulaire se cale sur un profilé normalisé (IPE, IPN, HEA, etc. ...).

Et pour indiquer ce type de profilé, vous avez besoin de 2 champs :

Le modèle : IPE, IPN, etc.

Le type : généralement la hauteur.

Et la nuance de l'acier constituant le profilé (commun

à l'ensemble des profilés).

Dans le cadre d'un PRS, le nombre de champs à renseigner est plus important voir (§4.3.2.2 ci-dessous)

Le formulaire dispose de plusieurs boutons :

Retour au menu principal

En cliquant sur ce bouton, vous revenez au menu principal du logiciel. C'est équivalent au clic sur la croix en haut, à droite du formulaire.

Quitter l'application

En cliquant sur ce bouton, vous quittez définitivement le logiciel. Vous ne revenez pas à la page du menu principal.



Effacer toutes les variables

En cliquant sur ce bouton, vous effacez tous les résultats affichés (Profil normalisé et PRS) et variables renseignées (PRS). Permet d'être sûr que les résultats affichés s'appliquent bien au profil renseigné.

Valider

Lorsque vous avez renseigné tous les éléments, vous lancez le calcul de classification en cliquant sur ce bouton.

4.3.2 Eléments de recueil de données

4.3.2.1 Pour un profilé normalisé I et H

Dans le cadre d'un profilé normalisé, vous devez indiquer successivement :

- Le modèle, c'est-à-dire :
 - IPN
 - IPE
 - HEA
 - HEB
- Le type : généralement la hauteur du profilé car c'est ainsi qu'ils sont désignés
- La nuance d'acier :
 - S235
 - S275
 - S355
 - S420
 - S460

Et c'est terminé pour les renseignements.

Il ne reste plus qu'à cliquer le bouton « Valider » pour faire afficher le résultat des calculs de classification.

4.3.2.2 Pour un PRS en I

(Non fonctionnel dans la version 1.1)

Dans le cadre d'un PRS en I, vous devez renseigner les champs apparaissant dans la figure ci-dessous :



Classification des sections transversales suivant EN 1993-1-1 §5.5

Caractéristiques mécaniques du profilé:

☐ Profilé normalisé - Modèle :

☒ PRS en I:

Profilé en I, monosymétrique si b ou t_f différent de b_1 ou t_{f1} et bisymétrique si identique

Nuance de l'acier constituant le profilé:

Classe de la section:

Les différents champs recouvrent l'ensemble des côtes géométriques des tôles rectangulaires constituant le PRS en I.

Comme indiqué, si $b=b_1$ et $t_f=t_{f1}$, le profilé sera bi-symétrique sinon le profilé sera mono-symétrique.

Le cordon de soudure est considéré comme symétrique et identique pour toutes les soudures de l'âme sur les semelles haute et basse.

Et, bien sûr, la nuance de l'acier constituant le profilé (commun à l'ensemble des

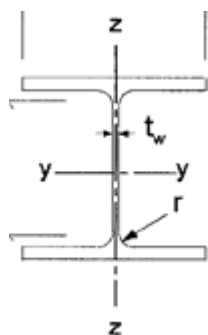
profilés). La nuance de l'acier est identique pour l'ensemble des tôles constituant le PRS.

Et c'est terminé pour les renseignements.

Il ne reste plus qu'à cliquer le bouton « Valider » pour faire afficher le résultat des calculs de classification.

4.4 Calculs

4.4.1 Généralité



Les calculs ont été établis suivant pour des sections en I ou H, IPN, IPE, HEA et HEB et pour des PRS en I mono-symétrique ou bi-symétrique.

Les axes yy et zz attachés à la section transversale du profilé sont pris identique à ceux figurant à l'article **1.7 Conventions pour les axes des barres** de l'EN 1993-1-1 [\[1\]](#). (voir figure ci-contre).

La classification de la section s'est appuyée sur le tableau 5.2 de l'EN 1993-1-1 [\[1\]](#).

Des précisions complémentaires ont été apportées par l'ouvrage de M. LE RUN, « Structures métalliques – Dimensionnement des ossatures acier selon les Eurocodes – Cours et applications – Collection Technosup » [\[9\]](#) pour la classification des sections et notamment en cas de flexion

suivant l'axe faible.

4.4.2 Sous compression simple

Pour l'âme : classe suivant colonne « Paroi comprimée » du tableau Parois comprimées internes (Art. 5.6 - Tableau 5.2 – feuille 1/3)

Pour la semelle : classe suivant colonne « Paroi comprimée » du tableau Semelles en console

Et la classe finale est égale à la plus grande des deux classes.



4.4.3 Sous flexion simple suivant l'axe fort

Pour l'âme : classe suivant colonne « Paroi fléchie » du tableau Parois comprimées internes (Art. 5.6 - Tableau 5.2 – feuille 1/3)

Pour la semelle : classe suivant colonne « Paroi comprimée » du tableau Semelles en console

Et la classe finale est égale à la plus grande des deux classes.

4.4.4 Sous flexion simple suivant l'axe faible

Concernant la classe du profilé en flexion simple dans le plan l'axe fort (yy) sous l'effet d'un moment de flexion M_{zz} , la feuille de documentation SD001a [7] le prend égal à la classe du profilé en flexion simple dans le plan de l'axe faible (zz), sous l'effet d'un moment de flexion M_{yy} , sans plus d'explication- Voir §4.4.3 ci-dessus.

M. LE RUN est un peu plus explicite dans son ouvrage [9] (notamment page 122 exercice IPE 500), ce qui donne les éléments suivants :

- Pour l'âme : classe suivant colonne « Paroi fléchie » du tableau Parois comprimées internes (Art. 5.6 - Tableau 5.2 – feuille 1/3) mais en prenant pour valeur c , l'épaisseur de l'âme soit t_w ; et pour valeur t , la valeur de la distance entre naissance des congés de raccordement. On reste bien sur un calcul d'élancement c/t mais avec les termes inversés. Ce qui est cohérent avec la théorie du voilement local et, en l'absence de précision de l'EN1993-1-1 devant ce cas de figure, c'est cette procédure qui est utilisée par le logiciel.
Du fait du très faible élancement, cette paroi est toujours en classe 1.
- Pour la semelle : classe suivant colonne « Paroi fléchie et comprimée » du tableau Semelles en console pour les classes 1 et 2 (calcul en plasticité et contrainte uniforme plastique sur toute la longueur de la semelle) et classes 3 et 4 suivant la colonne « Extrémité comprimée » du tableau Semelle en console
Pour la valeur du coefficient de voilement K_σ , ce dernier est évalué en fonction de $\sigma_1 = f_y$ et Axe Neutre Elastique dans l'axe de l'âme. Utilisation des propriétés des triangles semblables pour la détermination de σ_2 . Calcul de $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ et enfin, calcul de $K_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$

Et la classe finale est égale à la plus grande des deux classes.

4.4.5 Flexion composée dans le sens de la plus forte inertie :

Pour un profilé en I, soumis à une flexion compression avec plan de flexion dans le plan de la plus forte inertie (Moment tournant autour de l'axe zz), si la semelle entièrement comprimée est de classe 4 et l'âme entièrement comprimée est de classe 1 (soit une classe de section 4 pour un effort de compression pure), si l'âme fléchie est de classe 1, alors, suivant les valeurs paramétriques figurant dans la colonne 4 du tableau 5.2 feuille 1, il y aura 3 niveaux d'effort de compression qui vont amener la classe de l'âme fléchie à la classe 4. Ceux sont, par exemple, les 3 efforts de compression qui apparaissent dans les colonnes 6, 7 et 8 de la feuille SD001a [7].

Les valeurs de ces efforts de compressions déterminées par le logiciel ont été comparées aux valeurs figurant dans la feuille SD001a [7] et les valeurs sont identiques aux arrondis prés.



4.4.6 Flexion composée dans le sens de la plus faible inertie :

L'EN1993-1-1 ne donne pas beaucoup d'indication pour ce cas de figure pour des sections en I.

Toutefois, l'ouvrage « Structures métalliques – Dimensionnement des ossatures acier selon les Eurocodes – Cours et applications – Collection Technosup » de M. LE RUN [9] est plus explicite. Le logiciel reprend les éléments figurant dans cet ouvrage, avec un classement identique à une section simplement fléchie suivant l'axe faible sauf pour le test de limite entre la classe 3 et 4, ou la section étant soumise à une compression, nous pouvons avoir sur la semelle une répartition uniforme de la contrainte de compression.

4.4.7 Précisions complémentaires

L'algorithme de calcul a pris aussi en compte, les précisions apportées par la feuille SX030 [8] pour le chapitre qui concerne la classification d'un PRS.

Les résultats des calculs de classification ont été évalués par rapport à la feuille SD001a [7].

4.5 Résultats

Les résultats du calcul s'affichent en partie basse du formulaire.

Ils prennent la forme suivante (exemple avec un HEA 550 S355) :

Classe de la section : Quitter l'application

Paroi comprimé - âme :	Classe 4	semelle	Classe 1	En compression simple :	Classe 4
Paroi fléchie - âme :	Classe 1			En flexion simple My:	Classe 1
Paroi fléchie - âme $\perp$:	Classe 1	semelle	Classe 1	En flexion simple Mz:	Classe 1

En flexion composée par rapport à l'axe fort:

- Classe 1 pour un effort normal inférieur ou égal à 1 104.87 kN
- Classe 2 pour un effort normal inférieur ou égal à 1 521.46 kN
- Classe 3 pour un effort normal inférieur ou égal à 7 236.66 kN
- Classe 4 pour tout effort normal supérieur à 7 236.66 kN

En flexion composée par rapport à l'axe faible : Classe 4

Classe 4 pour les efforts de compression pure.

Classe 1 en flexion simple suivant l'axe yy ou zz.

Classe 4 en flexion composée suivant l'axe faible.

En flexion composé suivant l'axe fort, la classe va varier suivant l'intensité de l'effort de compression :



- Classe 1 pour un effort de compression maximal de 1104,87 kN (1105 kN pour SD001a).
- Classe 2 pour un effort de compression maximal de 1521,46 kN (1521 kN pour SD001a).
- Classe 3 pour un effort de compression maximal de 7236.66 kN (7235 kN pour SD001a).
- Classe 4 pour un effort de compression supérieur à 7236.66 kN

Le logiciel retrouve bien les mêmes valeurs de la feuille SD001a aux arrondies près.

L'exemple ci-dessus a été pris pour montrer l'ensemble des champs de résultats renseignés (voir ci-dessous pour d'autres cas).

4.6 Exemples

4.6.1 Exemples pour profilés normalisés

Détermination de la classe du profilé IPE 500 pour une nuance d'acier S235 :

Vérification par rapport à l'exercice 1.2 de [\[9\]](#) et par rapport à la feuille SD001a.

Ce qui donne :

 Classification des sections transversales suivant EN 1993-1-1 §5.5

Caractéristiques mécaniques du profilé:

☒ Profilé normalisé - Modèle : IPE Type 500

☐ PRS en I:

Nuance de l'acier constituant le profilé : Nuance d'acier S 235

Classe de la section :

Paroi comprimé - âme :	Classe 3	semelle	Classe 1	En compression simple :	Classe 3
Paroi fléchie - âme :	Classe 1			En flexion simple My:	Classe 1
Paroi fléchie - âme $\perp$:	Classe 1	semelle	Classe 1	En flexion simple Mz:	Classe 1

En flexion compression par rapport à l'axe fort:

Classe 1 pour un effort normal inférieur ou égal à 625.51 kN

Classe 2 pour un effort normal inférieur ou égal à 851.19 kN

Classe 3 pour un effort normal supérieur à 851.19 kN

En flexion compression par rapport à l'axe faible : Classe 3



Validée par [\[9\]](#) et par la feuille SD001a[\[7\]](#), valeurs de 626 kN et 851 kN.

4.6.2 Exemples intégrés dans les autres modules

Les modules « Poutre » et « Panne » font appel à ce module pour la classification du profilé utilisé.

Cet appel est complètement transparent pour l'utilisateur du logiciel car il n'est mis en œuvre que le moteur de calcul sans les interfaces de recueil de données et d'affichage des résultats.

 La vidéo de l'exemple n°1 du module Panne comporte une utilisation de ce module et en assure en même temps sa présentation. Visualisation des minutes 27''35 à 33'' et de 34''45 à 35''49 sur cette vidéo que je vous invite à visionner.



5 Poutre continue à travées identiques sous charges uniformément réparties – Dimensionnement et vérification

5.1 Présentation du module

Ce module permet la vérification de poutre métallique comprenant une à plusieurs travées de même longueur, sous charges uniformément réparties verticales.

La poutre doit, obligatoirement, constituer un élément de construction d'un bâtiment. En effet, les vérifications sont établis suivant les dispositions de l'EN 1993-1-1 :2005 AC :2006 AC :2009 [\[1\]](#) et l'annexe nationale française 2013.

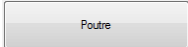
Par abus de langage, chaque fois que je fais référence à l'EN 1993-1-1 dans la suite du document, cela inclue obligatoirement l'Annexe Nationale française.

Les travaux de mise en place de cette poutre doivent être conforme à l'EN 1090 en classe d'exécution EXC2.

La poutre est constituée, dans cette version logicielle, d'un profilé de type IPE ou IPN utilisé comme poutre métallique exclusivement.

Ce module ne peut donc servir à la justification de poutres mixtes métal/béton armé qui relèvent de l'Eurocode 4.

Ce module remplace les abaques que nous avons tous sur nos bureaux (cela doit évoquer des souvenirs à certains !) et qui nous permettaient de rapidement dimensionner des poutres continues de travées identiques et supportant les mêmes charges. C'est aussi tout l'intérêt de ce module qui demande peu d'information pour réaliser le calcul.

Ce module comprend un unique formulaire depuis lequel le calcul de vérification de dimensionnement peut être lancé après renseignement d'un formulaire très simple. Ce formulaire est appelé depuis le bouton  se trouvant dans le menu général en page d'accueil du logiciel Calculette (Cf. [§2 - Page d'accueil du logiciel](#)).

La note de calcul s'affiche dans l'éditeur choisi (Cf. [§8.3 - Onglet Editeur](#)) une fois le calcul terminé.

Cette note de calcul est sauvegardée au format rtf, dans le répertoire par défaut des notes de calcul, répertoire que vous avez renseigné dans le formulaire Configuration (Cf. [§8.2 - Onglet Général](#)).

5.2 Limitations du module

Type de profilé :

Le logiciel n'accepte, pour la version logicielle 1.1, que 2 types de profilés :

- IPE
- IPN



Classe de résistance des profilés :

Les nuances d'acier proposées sont limitées à :

- S235
- S275

Charges :

Identiques sur toutes les travées, uniforme répartie sur toute la longueur de la poutre et de valeurs identiques.

Charges verticales, dans le sens de la plus grande inertie.

Charges dans le sens de la gravité, positive et donc descendantes. Le logiciel n'accepte pas les charges ascendantes, qui aurait pour tendance à soulever la poutre.

Géométrie et caractéristiques mécaniques :

Identique pour toutes les travées : même dimension de portée, etc. ...

Pas de porte à faux.

Appuis de type appui simple.

Pas de possibilité d'indiquer une contre-flèche.

5.3 Formulaire de recueil des données

5.3.1 Présentation du formulaire

Le formulaire de recueil des données se présente sous la forme suivante :



Figure 5-1 - Formulaire Poutre

L'image ci-dessus présente le formulaire déjà renseigné.

Le formulaire comprend deux grande parties :

- La partie relevant des renseignements nécessaires à la réalisation du calcul.
- La partie « boutons » avec laquelle il est possible de réaliser un certain nombre d'actions.

5.3.2 Renseignement du formulaire

5.3.2.1 Charges appliquées

Ce formulaire comprend plusieurs parties :

- La charge permanente.
 - Le poids propre du profilé formant poutre est établi par le logiciel et est directement inclus dans la valeur de la charge permanente, il ne doit donc pas être intégré dans la valeur de la charge affichée (voir les exemples 1 et 2 ci-après).
 - Indiquer 0 si la charge permanente se réduit au poids propre du profilé.
 - La charge est obligatoirement gravitaire et répartie uniformément sur la longueur de la travée. La valeur de la charge est positive avec, pour effet, de tendre la semelle basse et comprimer la semelle haute.
- La charge d'exploitation :
 - Charge de catégorie A à D : la valeur $\psi_0 = 0,7$ est inscrite en dur dans le logiciel pour l'établissement des combinaisons en cas de présence de neige.
 - Indiquer 0 s'il n'existe pas de charge d'exploitation. Pas de blocage du logiciel.



- La charge est obligatoirement gravitaire et répartie uniformément sur la longueur de la travée. La valeur de la charge est donc positive avec, pour effet, de tendre la semelle basse et comprimer la semelle haute.
- La charge de neige :
 - Indiquer 0 s'il n'existe pas de charge de neige (ce qui est le cas dans l'image du formulaire ci-dessus).
 - La charge est obligatoirement gravitaire et répartie uniformément sur la longueur de la travée. La valeur de la charge est donc positive avec, pour effet, de tendre la semelle basse et comprimer la semelle haute.

5.3.2.2 Les caractéristiques géométriques et mécaniques de la poutre :

Cela comprend les éléments suivants :

- Repère de la poutre : simplement à titre indicatif dans la note de calcul. Pour permettre de déterminer, plus tard, lorsque l'on revient sur la note de calcul, de savoir à quel élément s'applique cette note de calcul.
- Longueur entre appuis :
 - Cette longueur est identique pour toutes les travées.
 - Cette longueur est prise égale à la longueur entre axes d'appuis (même si l'EN1993-1-1 ne dit rien sur cette partie, à contrario de l'EN1992-1-1).
- Nombre d'appuis : 2 pour isostatique, 3 pour poutre continue de degré hyperstatique 1, 4 pour poutre continue de degré hyperstatique 2,
- Type de profilé : IPE ou IPN, les 2 profilés étant conforme aux dispositions de l'EN 10365 pour les dimensions et masse et de l'EN 10025-2 pour les conditions techniques de livraison.
- Nuance d'acier du profilé :
 - S235 ou S275
 - La valeur nominale de la limite élastique f_y est établie conformément au tableau 3.1 de l'EN 1993-1-1.
 - Pour les profilés sélectionnés, l'épaisseur de la tôle d'acier constituant le laminé est toujours inférieure à 40 mm. En conséquence, les valeurs nominales de limite d'élasticité f_y sont prises égales à :
 - S235 : 235 MPa
 - S275 : 275 MPa

5.3.2.3 Le mode de déversement de l'aile supérieure

La longueur de déversement est fonction du nombre et de la qualité des appuis intermédiaires.

Déversement de l'aile supérieure de la poutre

☒ Pas de maintien latéral continu ?

☐ Maintien latéral continue

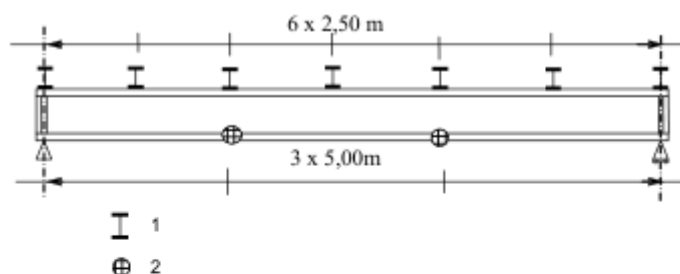
☐ Maintien latéral ponctuel - Nombre:

Si aucun élément intermédiaire, la longueur de déversement sera prise égale à la longueur de portée entre appuis, soit la 1^{ière} coche dans l'image ci-dessus.



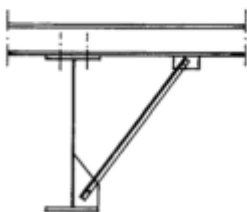
Si la tôle ou le plancher venant prendre appui sur la poutre est suffisamment rigide en cisaillement, celui-ci assurera le maintien latéral continue de la semelle haute, et dans ce cas, il suffira de cocher la coche « Maintien latéral continue ». Dans ce cas, il n'y aura pas de risque de déversement. Le logiciel se limitera à réaliser la vérification transversale de la section du profilé.

Enfin, en cas de maintien ponctuel, vous devez indiquer le nombre de points de maintien : coche n°3 avec le renseignement du champ de texte nombre.



1 : Maintiens latéraux (pannes)

2 : Maintiens latéraux (système de contreventement)



Système de contreventement

Ainsi, pour la poutre de l'exemple ci-dessus :

- Pour la semelle haute : il faudra indiquer 5 maintiens. Le logiciel considère que les appuis sont aussi des maintiens. Il y aura donc 6 espacements et chaque espacement de 2,50m sera assimilé à la longueur de déversement. En résumé, l'aile haute aura une longueur de déversement de 2,50m au lieu de 15m. En l'occurrence, on suit les errements antérieurs.
- Pour la semelle basse : il faudra indiquer 2 maintiens, les 2 endroits où sont disposés les bracons. La longueur de déversement sera de 5m au lieu de 15m.

Dans le cas où le problème se situe sur l'aile basse, il suffit de tourner le problème : indiquer la valeur de la charge correspondant à ce risque et prendre l'aile haute pour l'aile basse. Faire attention au poids propre de la poutre de la poutre qui est automatiquement généré par le logiciel et qu'il vous faudra peut-être déduire.

5.3.2.4 Les caractéristiques de flèche auxquelles est soumise la poutre (suivant clause 7.2.1(1) B de l'ANF de l'EN1993-1-1) :

- Planchers en général : $W_{max} = L/200$ et $W_3 = L/300$
- Plancher supportant des éléments fragiles : $W_{max} = L/250$ et $W_3 = L/350$
- Plancher supportant des poteaux : $W_{max} = L/400$ et $W_3 = L/500$
- Plancher dont la flèche W_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment : $W_{max} = L/250$ et W_3 sans objet

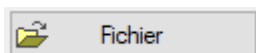


- Sans objet : dans le cas où le projeteur veut connaître la flèche sans lui imposer une limite.

Une fois, tous ces éléments renseignés, il est alors possible de lancer le calcul en cliquant sur le bouton « Calcul » (voir § suivant).

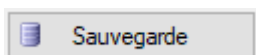
5.3.3 Actions sur le formulaire

Le formulaire comprend 6 boutons :



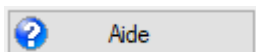
Pour appeler un fichier de données sauvegardées.

Pour une même poutre, vous avez ainsi la possibilité de varier les charges d'exploitation sans devoir changer de profilé et sauvegarder votre travail avec le bouton ci-après.



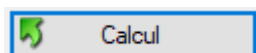
Pour sauvegarder un fichier de données.

Pratique dans le cas où souhaitez plus tard revenir sur le calcul en modifiant certaines hypothèses.



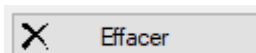
Pour faire afficher la présente notice sous format pdf.

Pratique dans le cas où l'aide par les boutons ? n'aurait pu vous donner satisfaction.

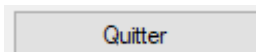


Pour lancer le calcul une fois que vous avez renseigné tous les champs.

Vous pouvez actionner ce bouton soit en cliquant dessus soit en appuyant sur la touche « Enter » de votre clavier.



Pour effacer toutes les données affichées sur le formulaire et établir, à la suite, un nouveau calcul.



Pour quitter le formulaire et revenir au Menu principal. Produit le même effet que cliquer sur la croix rouge, en haut, à droite du formulaire.

Vous pouvez aussi actionner ce bouton en appuyant sur la touche « Echap » de votre clavier.

Et de multiples boutons ? réparties sur l'ensemble du formulaire.

L'appui sur ce bouton permet de faire afficher l'aide contextuelle au champ de renseignement se trouvant à proximité.

5.4 Calcul

5.4.1 Modèle algorithmique

Le logiciel vérifie la conformité des dimensions de la poutre aux prescriptions de l'Eurocode 3 et de l'Annexe nationale française en déroulant le schéma suivant :

- Etablissement des combinaisons ELS caractéristique, ELU Str et ELU accidentel, uniquement pour cette dernière, si la valeur de charge de neige accidentelle a été renseignée.
- Calcul des flèches pour chaque combinaison à l'ELS caractéristique :



- Flèche sous charge variable seule
 - Flèche sous charge totale
- Vérification de la résistance des sections aux points de sollicitation maximale : généralement sur le 1^{er} appui intermédiaire ou au milieu de la 1^{ère} travée.
- Vérification de l'absence de déversement de l'aile supérieure de la poutre si cette dernière n'est pas maintenue de manière continue (par un plancher par exemple).
 - Calcul de longueur stable maximale entre maintien (bracons, appuis, etc. ...) Si cette valeur est supérieure à la longueur réelle : poutre stable au déversement – Fin du calcul
 - Sinon :
 - Aile libre de déverser sur toute la longueur entre appui : calcul du Moment critique de déversement suivant les conditions de l'annexe Mcr de l'Annexe Nationale.
 - Aile fixée par points ponctuel : calcul du Moment critique de déversement suivant les conditions de l'article 6.3.2.4(2) B.

5.4.2 Limitations

La charge appliquée est une charge uniformément répartie sur l'ensemble des travées et **simultanée** pour toutes les travées.

Il n'y a donc pas de combinaisons de calcul travée chargée/travée déchargée.

Un seul cas de charge s'applique : ensemble des travées chargées.

Le nombre de travée est limité à 4 car, au-delà, les différences deviennent très minimes avec les coefficients pour 4 travées.

5.5 Note de calcul

La note de calcul détaille les étapes de vérification du profilé.

Elle peut afficher aussi des avertissements.

Le sommaire de la note de calcul est le suivant :

Un entête comprenant :

- La date et heure d'établissement de la note de calcul
- Le nom du rédacteur de la note de calcul
- Le nom du chantier
- La référence du présent logiciel et la version utilisée

Puis les chapitres suivants :

1. Rappel des hypothèses
 - 1.1. Normes et documents
 - 1.2. Caractéristiques géométriques
 - 1.3. Classe du profilé
 - 1.4. Charges appliquées



- 1.5. Détermination des combinaisons
2. Calcul des flèches
3. Vérification des conditions de résistance et d'instabilité à l'Etat Limite Ultime
 - 3.1. Résistance au cisaillement
 - 3.1.1. Résistance au voilement par cisaillement
 - 3.1.2. Résistance au cisaillement de la section transversale
 - 3.2. Résistance à la flexion
 - 3.3. Résistance au déversement
4. Avertissements

Vous retrouverez les notes de calcul illustrant le sommaire ci-dessus dans les exemples ci-après.

5.6 Exemples de calcul

Deux exemples de calcul ont été traités à partir de ce logiciel.

Ces exemples figurent sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr> à la page du logiciel « Calculette Métal », dans la rubrique Exemples sous le thème « Validation logiciel », avec les fichiers de données et les notes de calculs.

Vous trouverez aussi le détail de ces exemples dans le guide de validation du logiciel, dans la page web du logiciel, à la rubrique Exemple.

5.6.1 Exemple n°1

Cet exemple est tiré de la fiche SX001a [5] réalisée par le groupement « Access Steel » et disponible sur le site web du même nom, site que je vous recommande chaudement de mettre dans vos favoris.

Attention : la fiche SX001a a été rédigée alors que l'Annexe Nationale n'était pas parue. C'est la raison pour laquelle des différences peuvent apparaître.

Les résultats sont quasi-identiques aux arrondis près sauf pour :

- α_{LT} : ce dernier vaut 0.49 pour « Access Steel » et 0.239 pour le logiciel car ce dernier prend en compte les modifications introduites par l'annexe nationale.

Ce qui conduit à une valeur légèrement différente pour M_{brd} et un dépassement de la valeur limite de 1, ce qui ne permet pas de valider ce profilé (en théorie, car en pratique, cela est tellement prêt de 1 que le profilé serait validé).

Voir Guide de validation du logiciel pour plus de détails.

5.6.2 Exemple n°2

Cet exemple est tiré de la fiche SX003a [6] réalisée par le groupement « Access Steel ».

Attention : la fiche SX003a a été rédigée alors que l'Annexe Nationale n'était pas parue. C'est la raison pour laquelle des différences peuvent apparaître.

Le logiciel ne traite que la 1^{ère} combinaison, celle sous combinaison de neige. Vous pouvez vérifier la 2^{ème} combinaison à l'aide du logiciel en prenant la valeur de vent positive et « en tournant » dans votre esprit les résultats.



Mais dans notre cas de figure de vérification, cela n'avait guère d'intérêt.

Les résultats sont quasi-identiques sauf pour :

- Le calcul de $\lambda c0$: l'Annexe nationale diffère du calcul de l'EN d'où une valeur différente ce qui conduit à une valeur de L_c différente. Cette dernière, avec les dispositions de l'AN, devient inférieure à la distance entre points d'appuis ponctuels ce qui nécessite de faire appel aux dispositions du §6.3.2.4(2)B
- Vérification du déversement suivant dispositions du §6.3.2.4(2)B avec prise en compte des dispositions de l'AN pour le calcul de K_{fl} . Le calcul conduit à conclure que le profilé convient soit le même résultat au final que le seul calcul par l'EN.

Voir Guide de validation du logiciel pour plus de détails.

5.7 Structure du fichier de données

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

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

La sauvegarde est donc constituée d'un ensemble de fichiers comportant

- 1 fichier texte (format .txt lisible avec NotePad™) qui va indiquer au programme, les données objets sérialisés, le nom est indifférent. Pour des raisons de facilité, indiquez le nom de la poutre et de l'affaire, ce sera plus facile, plus tard, pour retrouver le fichier.
- 3 fichiers au format .xml contenant les données des 3 objets sérialisés :
 - Fichier Poutre
 - Fichier Acier
 - Fichier Affaire

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

L'image ci-dessous représente un sous-répertoire dans lequel a été sauvegardé l'ensemble des données d'une vérification : le fichier texte et les 3 fichiers xml correspondant aux objets sauvegardés.

L'image est tirée de [l'exemple n°1](#) ci-dessus, exemple qui figure dans le guide de validation du présent logiciel. Vous trouverez ce document sur le site Web du logiciel.

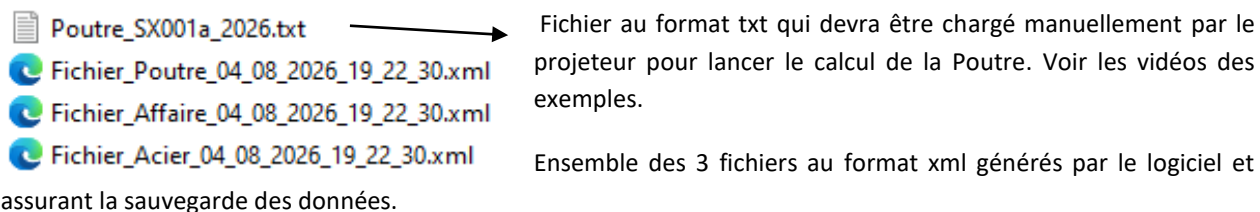


Figure 5-2 - Ensemble des données sauvegardées



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

Dans l'image ci-contre, le projeteur chargera le fichier « Poutre_SX001a_2026.txt ».

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

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

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

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

 Important - A retenir :

Assurez-vous toujours que le fichier texte (fichier avec la terminaison .txt) se trouve dans le même répertoire que les 3 fichiers à terminaison xml.



6 Pannes de toiture - Dimensionnement et vérification

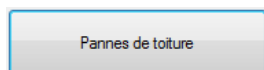
6.1 Présentation générale du module

Ce module permet le dimensionnement et la vérification de pannes de toiture de profilé de IPE ou IPN.

La panne doit, obligatoirement, constituer un élément de construction d'un bâtiment. En effet, les vérifications sont établies suivant les dispositions de l'EN 1993-1-1 :2005 AC :2006 AC :2009 et l'annexe nationale française 2013.

Les travaux de mise en place de cette poutre doivent être conforme à l'EN 1090 en classe d'exécution EXC2.

Ce module comprend un unique formulaire depuis lequel le dimensionnement et les vérifications sont réalisés.



Ce formulaire est accessible depuis le bouton se trouvant dans le menu général en page d'accueil du logiciel Calculette (cf §2 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** [Page d'accueil du logiciel](#)).

La note de calcul s'affiche dans l'éditeur choisi (Cf. §8.3 - Onglet Editeur) une fois le calcul terminé.

Cette note de calcul est sauvegardée au format rtf, dans le répertoire par défaut des notes de calcul, répertoire que vous avez renseigné dans le formulaire Configuration (Cf. §8.2 - Onglet Général).

Ce logiciel couvre 90/95 % des cas de figure de pannes en toiture.

6.2 Limitations

Géométrie

Panne sur 1 ou plusieurs travées. Toutes les travées sont de même longueur. Profilé identique de la panne sur l'ensemble des travées.

La charge supportée par la panne est identique pour l'ensemble des travées.

Le nombre de lierne est identique pour toutes les travées.

La panne ne peut servir de buton ou de montant pour la poutre au vent dans la version actuelle du logiciel.

Type de profilé :

Le logiciel n'accepte que 2 types de profilés laminés à chaud tirés de la base de données Matière :

- IPE
- IPN

Le calcul à base de profil formé à froid comme les pannes Zed, Sigma, etc. ... n'est pas implémenté et ne le sera pas en raison de la spécificité très particulière de ce type de profilé. Je vous renvoie vers le fabricant qui mettra à votre



disposition les justificatifs de calcul nécessaires. Ces derniers disposent en général de leurs propres logiciels permettant de réaliser le dimensionnement de leurs produits.

Classe de résistance :

Les aciers constituant les profilés laminés à chaud sont limitées aux deux limites élastiques suivantes :

- S235
- S275

Lierne :

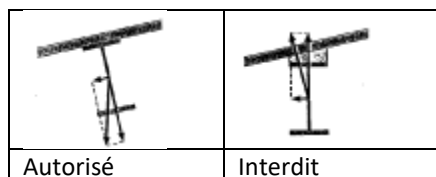
Si le projeteur fait usage de lierne, le nombre de liernes est limité à 2, avec les positions suivantes :

- Soit une lierne en position centrale.
- Soit deux liernes positionnées respectivement au $1/3$ et $2/3$ de la portée de la panne.

Classe 4 :

Pas de calcul pour les profilés de panne de classe 4. Le profilé doit être obligatoirement de classes 1, 2 ou 3. Ce qui exclut les profilés de type Zed, Sigma, etc. ...

Montage de la panne :



La panne doit être obligatoirement perpendiculaire à l'élément de couverture.

6.3 Formulaire de recueil des données

6.3.1 Présentation générale

Le formulaire de recueil des données se présente sous la forme suivante :



Figure 6-1 - Formulaire Panne

6.3.2 Recueil des données

6.3.2.1 Généralités

Ce formulaire comprend 3 parties :

- Partie 1 : Les [charges permanentes](#) appliquées sur la panne ou qui sont repris par cette dernière. Généralement, cela comprend le bac de couverture, le faux-plafond et d'autres éléments (appareils d'éclairages, etc. ...). Le poids propre de la panne est directement inclus dans le calcul, il n'a donc pas besoin d'être renseigné.
- Partie 2 : les [actions variables](#) comprenant :
 - La charge de neige
 - Les effets du vent
 - La charge d'exploitation
 - Les autres actions variables
- Partie 3 : les caractéristiques de la panne, à savoir :
 - Les caractéristiques géométriques du profilé : longueur, nombre d'appuis, type de profilé (IPE, IPN)
 - Le mode de déversement
- Partie 4 : les caractéristiques de la toiture, à savoir :
 - La pente
 - Le mode de pose des éléments de toiture : pose sur 2 appuis, 3 appuis, 4 appuis et plus
 - Mise en place de lierne : nombre et possibilité ou pas de blocage du déversement.

Une fois, tous ces éléments renseignés, il est alors possible de lancer le calcul en cliquant sur le bouton

Calcul



Tous les coefficients de combinaison ψ_0 et ψ_2 sont définis par le logiciel et n'ont donc pas besoin d'être renseignés sauf pour la charge variable « Autre » qui serait spécifique à l'affaire et définie directement par les pièces du marché.

6.3.2.2 Les charges permanentes

Couverture :

Couverture : 0.00 (DaN/m²)

: Il s'agit du poids propre de la couverture qui peut être pris égal à :

- Couverture sèche de type bac acier prélaqué : 7daN/m² en moyenne, elle peut être plus faible si épaisseur 63/100 et profil simple et plus fort si épaisseur 80/100 ou plus et profil complexe
- Couverture sèche de type plaque ondulée en acier galvanisé ep. 8/10 : 6 daN/m² (source : NF P06004 de mai 1977)
- Couverture sèche de type plaque ondulée fibro-ciment : 17daN/m² (source : NF P06004 de mai 1977)
- Couverture sèche de type plaque ondulée fibro-ciment pour support de tuiles canal (y compris les tuiles) : 40 daN/m² (source : NF P06004 de mai 1977)
- Couverture avec étanchéité : bac acier + isolation thermique + étanchéité $\approx$ 25daN/m² (source : Formulaire de la construction métallique – P. Maitre)
- Couverture tuile y compris support (lites, ...) : de 35 à 75 daN/m² (source : NF P06004 de mai 1977)

Pour information :

 Le poids propre de la panne est déterminé directement par le logiciel. Il n'a donc pas besoin d'être renseigné.

Faux-plafond et similaire :

Faux-plafonds : 0.00 (DaN/m²)

: Poids propre du faux-plafond ou résille ou autre élément pouvant s'assimiler à un faux-plafond, se trouvant en sous-face de la couverture. Cette valeur peut être prise égale à 0 si aucun faux-plafond ne se trouve en sous-face (cas généralement rencontré en bâtiment industriel non chauffé).

Sinon, les valeurs suivantes peuvent être prises :

- Plafond 1 BA13 sur ossature Stil Prim (isolant non compris) = 12 daN/m² (source : catalogue Placoplatre)
- Plafond 2 BA13 sur ossature Stil Prim (isolant non compris) = 24 daN/m² (source : catalogue Placoplatre)
- Plafond 1 BA15 sur ossature Stil Prim (isolant non compris) = 14 daN/m² (source : catalogue Placoplatre)
- Plafond 2 BA15 sur ossature Stil Prim (isolant non compris) = 28 daN/m² (source : catalogue Placoplatre)
- Plafond 1 BA18 sur ossature Stil Prim (isolant non compris) = 17 daN/m² (source : catalogue Placoplatre)
- Densité laine de verre : 28 daN/m³ (entre 100 et 200 mm d'épaisseur) soit de 2,8 à 5,6 daN/m²
- Densité laine de roche : de 21 à 150 kg/m³ soit en prenant une densité de 35kg/m³ un poids variant de 3,5 à 7 daN/m²



Attention :

Cette modélisation concerne un faux-plafond rampant, c'est-à-dire qui suit la pente du toit.

Si vous devez rentrer les données d'un faux-plafond **horizontal** sur une toiture inclinée, vous devrez alors multiplier la charge par le cosinus de l'angle de la pente de la couverture.



Pour éviter la mise en œuvre de ce calcul supplémentaire, il vous suffit de rentrer le poids propre du faux-plafond ou similaire au m^2 suivant les valeurs indiquées ci-avant et de valider la coche « Faux-plafond et similaires – charges projetées » (voir figure ci-contre). Dans ce cas, le logiciel réalisera automatiquement la projection de la charge horizontale sur la surface d'influence inclinée de la panne.

Exemple :

Vous devez mettre en place un faux-plafond horizontal en sous face d'une couverture de 10% de pente.

10% de pente = $5,7106^\circ$ et $\cos(5,7106) = 0,995$

Ce faux-plafond est constitué de 2 plaques BA15 avec son ossature et de 20 cm de laine de verre.

Poids total du complexe faux-plafond : $28 + 0,20 \times 28 = 33,6 \text{ daN/m}^2$

La charge qui devrait alors être indiquée en valeur « rampante » sera donc de $33,6 \times 0,995 = 33,432 \text{ daN/m}^2$

Il faudrait donc indiquer comme valeur de charge pour le faux-plafond, $33,432 \text{ daN/m}^2$.

Pour éviter ce calcul préparatoire, il suffit d'indiquer la valeur initiale de $33,6 \text{ daN/m}^2$ et de valider la coche « Faux-plafond et similaires – charges projetées ». Et le logiciel va se charger de réaliser automatiquement le calcul indiqué ci-avant.

On peut noter que la différence de valeur de charge est peu probante pour des pentes à faible pourcentage.

Autres (luminaires, installations électriques, gaines de ventilation, conduits divers, etc. ...) :

Autres (luminaires, etc. ...) : (DaN/m²) : Poids propres d'autres équipements suspendus aux pannes. Cela peut concerner les luminaires, les aérothermes de chauffage, les tuyauteries d'eau, de gaz, etc..., les chemins de câbles, etc. ...

De manière générale, on peut prendre :

- Luminaires : 1 daN/m^2
- Chemin de câble (accroché directement à la panne) : à intégrer avec les luminaires.
- Tuyauteries ; $0,5 \text{ daN/m}^2$

Deux points d'attention :

 Cette modélisation de charge concerne un élément rampant, c'est-à-dire qui suit la pente du toit. Les charges sont exprimées en daN/m^2 suivant le rampant.

☐ Autres (luminaires, etc. ...) - charges projetées Si vos charges sont disposées de manières horizontale mais supportées par les pannes, et que votre toiture est en pente alors vous devez cocher la coche « Autres () – charges projetées » afin de pouvoir toujours renseigner la charge en m^2 rampant, le logiciel se chargeant de calculer la projection de cette charge suivant l'angle de la pente de couverture (idem à la charge de faux-plafond ci-dessus).



 Les charges renseignées doivent être des charges surfaciques soit en daN/m^2 .

6.3.2.3 Les charges variables

Elles comprennent :

- Les charges climatiques : neige et vent
- Les charges d'exploitation pour les toitures de catégories H (les plus courantes).
- Autre charge d'exploitation – Par exemple charge d'exploitation pour toiture de catégorie I ou K ; dans ce cas, l'item précédent ne sera pas renseigné.

Actions variables :

☐ Neige

☐ Altitude d'implantation de la construction > 1000 m

valeur caractéristique (DaN/m^2)

valeur accidentelle (DaN/m^2)

☐ Vent

Surpression: (DaN/m^2) ?

Dépression: (DaN/m^2)

? ☐ Charge d'exploitation pour toiture de catégorie H

☐ Toiture de pente inférieure à 15% recevant une étanchéité

☐ Autres toitures

? ☐ Autre charge variable

Autres (Q) : (DaN/m^2) ?

ψ_{0Q} : ψ_{2Q} :

Figure 6-2 - Champs de renseignement des charges variables

Les valeurs des charges sont toujours positives, même la charge de vent en dépression.

En effet, s'agissant d'une dépression, la charge va avoir tendance à soulever la toiture et s'appliquera donc perpendiculairement à la couverture et dans le sens contraire à la gravité. Il n'y a donc pas besoin de préciser par un chiffre négatif car le logiciel va le gérer directement.

Comme indiquée, les charges sont obligatoirement des charges surfaciques.

Pour renseigner la charge correspondante, vous devez cocher la coche en titre.

Ainsi, si vous souhaitez renseigner une valeur supplémentaire pour la charge d'exploitation, il vous sera nécessaire de cocher « Autre charge variable » sinon les champs Autres (Q), ψ_{0Q} et ψ_{2Q} n'apparaîtront pas.

Cela permet d'avoir une interface plus claire et ramassée ou n'apparaît uniquement les valeurs renseignées.

6.3.2.3.1 La neige

Vous pouvez utiliser le logiciel « Calculette Bâtiment » qui comporte un module de calcul automatique de charge de neige. Ce dernier établit, suivant la géométrie de la toiture et sa localisation géographique, les valeurs de charges de neige : charge normale et charge accidentelle.

La charge accidentelle peut être prise égale à 0 si la région d'implantation de la construction n'impose pas ce type de charge.

☐ Altitude d'implantation de la construction > 1000 m

: important à renseigner car les coefficients ψ_0 et ψ_2 pour la charge de neige varient suivant l'altimétrie du projet.

6.3.2.3.2 Le vent

L'effort du vent sur la toiture est défini par 2 charges :



- **Surpression** : L'effort du vent sur le bâtiment conduit à un effet de soulèvement de la toiture. Cas général de l'effet du vent sur les toitures. Le terme **surpression** a été utilisé car ce phénomène se produit lorsque l'intérieur du bâtiment est mis en surpression par le vent. Cette surpression vient se cumuler avec l'effet du vent sur le revêtement de toiture qu'il a tendance naturellement à soulever.
- **Dépression** : l'effet du vent sur le bâtiment conduit à un effet de pression sur la toiture. Le vent a tendance à se plaquer sur la toiture. Soit un effort de pression sur la toiture. Cela généralement se produit si le vent met en dépression l'intérieur du bâtiment et que les efforts de soulèvement ne soient pas très importants.

Ces 2 charges ne sont pas concomitantes. Le logiciel prend l'une ou l'autre en compte mais jamais les 2 simultanément.

Vous pouvez utiliser le logiciel « Calcuette Bâtiment » qui comporte un module de calcul automatique de charge de neige. Ce dernier établit suivant la géométrie de la toiture et sa localisation géographique, les valeurs de charges de neige : charge normale et charge accidentelle.

Vérifiez bien au niveau de la note de calcul que vous ayez indiqué les charges de calcul du vent dans le bon sens (ne pas avoir pris une charge de pression pour une charge de soulèvement, je sais, cela m'est déjà arrivé !).

Autre point d'attention : les charges de vent sont exprimées en daN/m^2 et non daN/ml . **Vérifiez bien que votre charge est exprimée en m^2 .** (je me suis déjà aussi trompé).

6.3.2.3.3 Charge d'exploitation pour toiture de catégorie H

Rappel sur les catégories de toitures :

L'EN1991-1-1 :2002 [3] classe les toitures en 3 catégories :

- Catégorie H : toiture inaccessible sauf pour entretien et réparation courants
- Catégorie I : toitures accessibles pour les usages des catégories A à D
- Catégorie K : toiture accessible pour des usages particuliers, hélisation par exemple

Elément de toiture pour le logiciel :

Le logiciel prend en compte uniquement les toitures de catégorie H soit la très grande majorité des toitures.

Si la toiture prenant appui sur la panne ne ressort pas de cette catégorie, vous ne devez pas cocher la coche ci-contre.

☐ Charge d'exploitation pour toiture de catégorie H

Cette coche permet au logiciel de renseigner directement la valeur de la charge d'exploitation suivant les prescriptions de l'annexe nationale française soit :

- Toiture de pente inférieure à 15% recevant une étanchéité : $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$ et $Q_k = 1,5 \text{ kN}$
- Autres toitures : $q_k = 0 \text{ kN/m}^2$ et $Q_k = 1,5 \text{ kN}$

D'où l'importance de bien renseigner, une fois que vous avez classé votre toiture en catégorie H, la géométrie et les matériaux employés pour la confection de la toiture :

☐ Toiture de pente inférieure à 15% recevant une étanchéité

☒ Autres toitures



L'image ci-contre caractérisera, par exemple, une toiture en bac acier prélaqué sans étanchéité et quel que soit sa pente. Elle est donc cochée : « Autres toitures ».

Une toiture avec une étanchéité mais dont la pente est supérieure à 15% sera aussi classée en « Autre toiture ».

Pour rappel des précisions apportées par l'EN1991-1-1 et l'annexe nationale :

- La charge répartie q_k couvre une aire de 10m^2 avec forme et localisation la plus défavorable pour la panne vérifiée.
- Les charges q_k et Q_k ne se cumulent pas avec la neige et le vent.
- Les charges q_k et Q_k ne s'appliquent pas simultanément.

6.3.2.3.4 Autre charge variable

La charge variable « Autre » est spécifique à l'affaire et définie directement par les pièces du marché.

Dans cet item sera renseignée une charge de probabilité d'occurrence différente de la précédente, validée par une valeur différente des coefficients ψ_0 et ψ_2 .

En raison du renseignement des coefficients ψ_0 et ψ_2 , la charge agit de manière concomitante avec la charge d'exploitation définie avec la toiture de catégorie H. Toutefois, elle n'est pas cumulée avec cette dernière en raison de coefficients ψ_0 et ψ_2 différents.

Vous pouvez, par exemple, vous servir de cet item pour définir des charges de toiture autre que pour les toitures de catégorie H, cette dernière étant définie directement par le logiciel (voir paragraphe 6.3.2.3.3 ci-dessus)

Vous pourrez donc utiliser cet item pour les toitures de catégories I ou K. Dans ce cas, aucune des 2 cases à cocher du paragraphe précédent ne devra être cochée. Sinon les charges d'exploitation vont se cumuler au prorata des valeurs des coefficients ψ_0 et ψ_2 .

La valeur de la charge d'exploitation Q est une charge surfacique verticale qui s'applique directement sur la couverture.

Elle s'applique comme l'effort du vent sur la toiture, mais de façon verticale et non pas perpendiculaire à la couverture.

Il ne s'agit aucunement d'une charge projetée comme la neige.

6.3.2.4 La panne

6.3.2.4.1 Les caractéristiques géométriques et mécaniques de la panne

Repère de la panne :

A titre indicatif dans la note de calcul. Pour permettre de déterminer, plus tard, lorsque l'on revient sur la note de calcul, de savoir à quel élément s'applique cette note de calcul. Mais le champ doit être obligatoirement renseigné.

Portée entre appuis :



Cette longueur est identique pour toutes les travées.

Cette longueur est prise égale à la longueur entre axes d'appuis ou longueur d'épure (même si l'EN1993-1-1 ne dit rien sur cette partie, à contrario de l'EN1992-1-1).

Distance entre pannes :

La distance doit être identique entre chaque cours de panne.

Toutefois, si ce n'était pas le cas, indiquez alors la distance moyenne Maximale. Vous dimensionnerez alors la panne la plus défavorisée, celle ayant la plus grande surface d'influence.

Généralement, le calcul s'établit sur une panne intermédiaire qui dispose d'une panne en dessous d'elle et d'une panne au-dessus d'elle. Il s'agit des pannes intermédiaires, celles qui sont les plus chargées.

La surface d'influence de la panne est donc la portée entre appuis x la distance entre panne.

Le calcul des charges linéaires appliquées sur la panne à partir de la charge surfacique s'établit à partir de la surface d'influence indiquée ci-dessus.

Nombre d'appuis :

2 pour isostatique, 3 pour panne continue de degré hyperstatique 1, 4 pour panne continue de degré hyperstatique 2. Le logiciel ne va pas au-delà car les différences deviennent minimes et ne justifient pas de complexifier le logiciel inutilement. Ainsi, le gain sur la flèche ne justifie pas le dispositif technologique pour assurer la continuité de la panne.

Type de profilé :

IPE ou IPN, les 2 profilés étant conforme aux dispositions de l'EN 10365 pour les dimensions et masse et de l'EN 10025-2 pour les conditions techniques de livraison.

Nuance d'acier du profilé :

Le choix s'établit entre le S235 ou le S275.

La valeur nominale de la limite élastique f_y est établie conformément au tableau 3.1 de l'EN 1993-1-1.

Pour les profilés sélectionnés, l'épaisseur de la tôle d'acier constituant le laminé est toujours inférieure à 40 mm. En conséquence, les valeurs nominales de limite d'élasticité f_y sont prises égales à :

- S235 : 235 MPa
- S275 : 275 MPa

6.3.2.4.2 Le déversement

Le déversement de l'aile haute

Sous l'effet gravitaire des charges appliquées à la panne, cette dernière peut déverser. Toutefois, le maintien latéral réalisé par l'accrochage du bac de toiture sur la panne peut empêcher ce phénomène.



Avant l'avènement de l'Eurocode, il était supposé que la mise en place d'un bac suivant les conditions préconisées par le DTU assurait le maintien au déversement. Regardez dans les exemples de calcul figurant dans la littérature avant l'avènement de l'Eurocode, cette vérification n'y figurait jamais. Pour se rassurer, il ne figurait pas dans la pathologie de relevé d'incident lié à des déversements de pannes de toiture sous l'effet de charges gravitaires. Attention, cela ne vaut que pour des profilés de type IPE ou IPN. Pour des profilés formés à froid comme les Zed, Sigma ou autres, le problème peut exister mais ne concerne pas le présent logiciel, ces profilés étant exclus du champ de vérification.

Le seul élément qui figurait, c'était lorsque l'on souhaitait faire jouer un rôle de contreventement (en remplacement de la poutre au vent) aux bacs de couverture. Mais, cela est une autre histoire.

Aujourd'hui, pour un bac acier de profil trapézoïdal, le projeteur doit s'assurer que la rigidité en cisaillement du bac est supérieure à une limite basse imposée par l'Eurocode. La rigidité en cisaillement peut être calculée par le présent logiciel, voir §7 [Calcul de la rigidité de cisaillement de tôles métallique](#)

Pour les autres profils, l'Eurocode est muet (tôle métallique ondulée, plaque en fibro-ciment, etc. ...).

Aussi le logiciel laisse le choix (voir ci-dessous) :

Déversement de la semelle supérieure de la panne

☐ La tôle de couverture assure un maintien latéral continu de la panne.

☐ S'assurer que la rigidité en cisaillement de la tôle de couverture assure un maintien latéral continu de la panne.

Rigidité de cisaillement de la tôle: (KN)

Figure 6-3 - Critères de choix pour le déversement aile haute

Le logiciel propose :

- Le bac de couverture est supposé assurer un maintien latéral continu. Dans ce cas, et comme d'usage, aucune vérification au déversement de l'aile haute n'est réalisée. La panne est supposée ne pas déverser.
- Le projeteur renseigne la rigidité en cisaillement de la tôle de couverture mise en place et le logiciel vérifie si cette rigidité est suffisante pour empêcher tout déversement. Si ce n'est pas le cas, une vérification au déversement sera établie.

Pour renseigner sur la valeur de la rigidité de la tôle de couverture, vous avez la possibilité de faire appel au [module de calcul de rigidité en cisaillement de la tôle de couverture](#), ce qui vous permettra de renseigner le champ concernant la valeur de rigidité de cisaillement de la tôle de couverture venant prendre place sur cette panne. Voir §6.6.1 - [Exemple n°1](#) pour la mise en œuvre de cette procédure.

Le déversement de l'aile basse



Lorsque le vent souffle sur une toiture, il peut engendrer un effort de succion sur les bacs de couverture. Cela a pour effet d'« aspirer » les bacs et à vouloir les arracher de leurs supports. C'est la raison pour laquelle, après chaque tempête, on dénombre les tuiles déplacées, les plaques envolées, etc. ...

Sous cet effet de soulèvement engendré par l'action du vent sur la toiture, la semelle inférieure peut se trouver comprimée et déversée si le poids propre qu'elle supporte est insuffisant. C'est la raison pour laquelle le logiciel établit toujours la combinaison ELU Str. « $G + 1,5.W$ ».

Cet effet est pris en compte par le logiciel sous la forme suivante :

Déversement de la semelle inférieure de la panne :

Sous l'effet du soulèvement engendré par l'action du vent sur la toiture, la semelle inférieure peut se trouver comprimée et déversée.

☒ Prendre pour référence le Moment critique calculé par le programme

☐ Prendre pour référence le Moment critique calculé par un logiciel tiers

Mcr (daN.m)

Figure 6-4 - Renseignement déversement aile basse

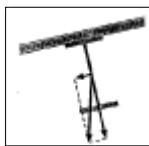
Le logiciel réalise le calcul suivant les prescriptions de l'EN1993-1-1. Toutefois, la norme est muette sur le choix du moment critique de déversement. Aussi, le logiciel propose le choix entre :

- Le calcul effectué par le logiciel du moment critique de déversement à partir des formules trouvées dans la littérature.
- Renseigner directement le moment critique de déversement, ce dernier ayant été calculé à partir d'un logiciel tiers. Vous pouvez utiliser la feuille de calcul LtBeam mise à disposition gratuitement par le CTICM.

6.3.2.5 La toiture

Pente de la toiture :

La valeur de la pente de la toiture permet de déterminer l'angle de la panne vis-à-vis de la verticale (voir Figure 6-5 - Panne sous bac ci-après).



Comme le montre la figure ci-contre, la panne est perpendiculaire à la couverture. Le logiciel prend en compte uniquement ce type de position.

Les pannes avec tasseau permettant le rattrapage de la pente ne sont pas prises en compte par le programme.

Figure 6-5 - Panne sous bac



Pente de la toiture :

: La valeur de la pente est renseignée via ce champ de texte. Le bouton de droite permet de choisir l'unité de la pente : soit le %, soit le °. Généralement, les valeurs sont indiquées en %.

Si l'unité choisie est le %, 15% sera renseigné comme 15 et non 0,15 dans le champ de texte. Idem pour 7,5% : il sera renseigné 7.5 et non 0,075.

Attention : le logiciel ne procède pas à une vérification de la valeur de la pente. Ce qui signifie que vous pouvez indiquer une valeur de pente hors domaine DTU.

Pose des éléments de couverture :

Pose des éléments de couverture :

☐ Bacs de couverture reposent sur 2 appuis

☐ Bacs de couverture reposent sur 3 appuis

☐ Bacs de couverture reposent sur 4 appuis et plus

Figure 6-6 - Pose bac

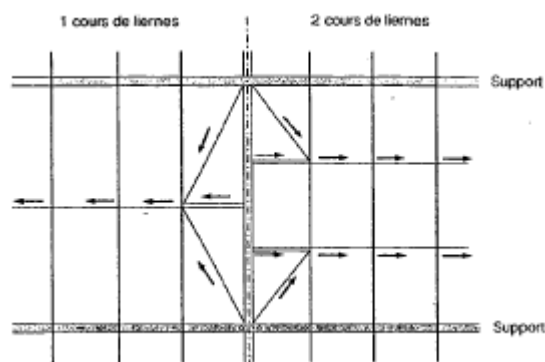
Suivant l'espacement entre pannes, les caractéristiques de l'élément de couverture et la charge venant prendre appui sur l'élément (généralement, la neige), le bac de couverture peut porter sur 2, 3, 4 voire plus, nombres d'appui.

Si le nombre d'appuis est supérieur à 2, cela engendre une réaction hyperstatique d'appui dont tient compte le logiciel.

Le logiciel se place toujours du côté le plus défavorable et prend généralement la valeur de réaction du 1^{er} appui après l'appui de bord. Le coefficient de réaction varie entre 1,25 (sur 3 appuis) à 1,10 (sur n appuis).

Liernes :

Le logiciel propose la prise en compte de liernes suivant le schéma ci-dessous :



Avec :

- 1 cours de lierne : cette dernière est placée à mi-travée.
- 2 cours de lierne : ces dernières sont placées à $1/3.L$ et $2/3.L$, L étant la portée de la panne.

Attention à l'option de blocage de déversement par la lierne :

☐ La lierne sert de point de blocage vis à vis du déversement.



Cette option n'est à cocher que si la lierne bloque **réellement** le déversement dans les plans Y-Y **et** Z-Z. Dans ce cas, le logiciel prendra une longueur de déversement égale à $L/2$ si présence d'une seule lierne et $L/3$ si présence de deux liernes.

Dans le cas général, une lierne ne bloque pas le déversement. Son montage sur la panne ainsi que sa faible inertie ne permettent aucun blocage.

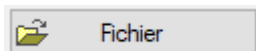
La lierne sert essentiellement à diminuer la portée dans le plan local yy de la panne. Ce qui a pour effet de diminuer la flèche et le moment dans le plan yy local. Toutefois, pour la flèche, cela peut venir en concurrence avec la couverture lorsque cette dernière est constituée d'une tôle agissant en rigidité de cisaillement. Mais ce point-là sera à valider par le bureau de contrôle.

Au niveau logiciel, il était simple de coder cette option. Mais cette option ne sera cochée que sous votre seule et entière responsabilité !

Voir Exemple n°2 pour l'effet de la lierne sur la flèche.

6.3.3 Commandes générales

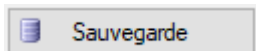
Le formulaire comprend 6 boutons :



Fichier

Pour appeler un fichier de données sauvegardées.

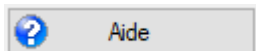
Pour une même panne, vous avez ainsi la possibilité de varier le nombre d'appui (passer la panne en continuité) sans devoir changer de profilé et conserver votre travail en le sauvegardant avec le bouton ci-après.



Sauvegarde

Pour sauvegarder un fichier de données.

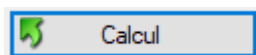
Pratique dans le cas où souhaitez plus tard revenir sur le calcul en modifiant certaines hypothèses.



Aide

Pour faire afficher la présente notice sous format pdf.

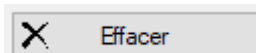
Pratique dans le cas où l'aide par les boutons  n'auraient pu vous donner toutes les précisions attendues.



Calcul

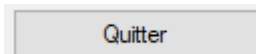
Pour lancer le calcul une fois que vous avez renseigné tous les champs.

Vous pouvez actionner ce bouton soit en cliquant dessus soit en appuyant sur la touche « Enter » de votre clavier.



Effacer

Pour effacer toutes les données affichées sur le formulaire et établir, à la suite, un nouveau calcul.



Quitter

Pour quitter le formulaire et revenir au Menu principal. Produit le même effet que cliquer sur la croix rouge, en haut, à droite du formulaire.

Vous pouvez aussi actionner ce bouton en appuyant sur la touche « Echap » de votre clavier.

Et de multiples boutons  réparties sur l'ensemble du formulaire.

L'appui sur ce bouton permet de faire afficher l'aide contextuelle au champ de renseignement se trouvant à proximité.



6.4 Calcul

6.4.1 Modèle algorithmique

Le logiciel vérifie la conformité des dimensions de la panne aux prescriptions de l'Eurocode 3 et de l'Annexe nationale en déroulant le schéma suivant :

- Etablissement des combinaisons ELS caractéristique, ELU Str et ELU accidentel. Cette dernière combinaison, uniquement, si la construction est implantée dans une zone avec neige accidentelle.
- Calcul des flèches pour chaque combinaison à l'ELS caractéristique :
 - Flèche sous charge variable seule
 - Flèche sous charge totale
- Vérification de la résistance des sections aux points de sollicitation maximale : généralement sur le 1^{er} appui intermédiaire ou au milieu de la 1^{ère} travée.
 - Si toiture horizontale ou quais-horizontale : vérification en flexion simple
 - Si toiture incliné : vérification en flexion déviée
- Vérification de l'absence de déversement pour les pannes non maintenues par le bac de couverture et pour les pannes pouvant se présenter sur la combinaison où le Vent est l'action principale ($G + 1,5.W$).
 - Si toiture horizontale ou quais-horizontale : vérification en déversement simple

Si toiture incliné : vérification suivant les facteurs d'interaction des formules (6.61) et (6.62) du §6.3.3 de l'EN1993-1-1 (voir Cas de la toiture inclinée : mise en œuvre des formules d'interaction en raison de la flexion bi-axiale à laquelle est soumise la panne soit les équations (6.61) et (6.62)

- Si panne montée avec une ou deux liernes, calcul de l'effort de traction repris par la lierne.

L'orientation des axes a été prise suivant la figure ci-dessous :

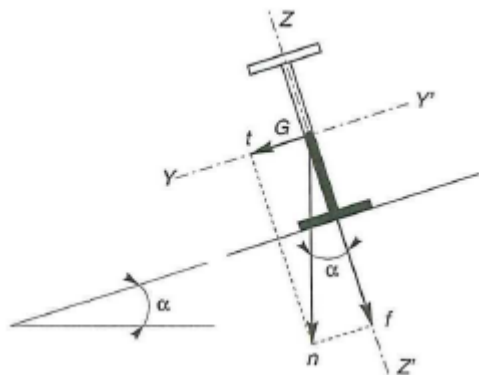


Figure 6-7 - Orientation des axes de la panne

Combinaison :

Le logiciel procède à l'établissement des combinaisons ELS caractéristique, ELU STR et ELU Accidentel (si charge accidentelle renseignée).

Flèche :



Il effectue le calcul des flèches à partir des combinaisons ELS caractéristique.

Le calcul des flèches est établi à partir des formules littérales que l'on retrouve dans tout bon formulaire en prenant en compte les conditions de continuités. Au-delà d'un certain nombre de travée, la flèche sur les travées intermédiaires n'évolue plus car elle devient prépondérante sur la 1^{ière} travée et ne bouge plus (cf article de Mr Le Chaffotec). Et, pour les pannes de toiture, les valeurs de charges sont toujours identiques pour toutes les travées (sinon vous êtes tombés dans un des très rare cas, pas de chance !).

Le logiciel ne se prononce pas sur la valeur des flèches trouvées. Il rappelle simplement les valeurs limites suivant le type de toiture, la présence ou pas d'éléments fragiles, etc. ...

Vérification de la résistance de la section :

Il effectue la vérification de la résistance des sections en combinaison ELU Str et, éventuellement, ELU Accidentel si cette dernière est dimensionnant (cas de la charge de neige accidentelle).

Le calcul des moments sollicitants maximaux est établi à partir des formules littérales que l'on retrouve dans tout bon formulaire en prenant en compte les conditions de continuités.

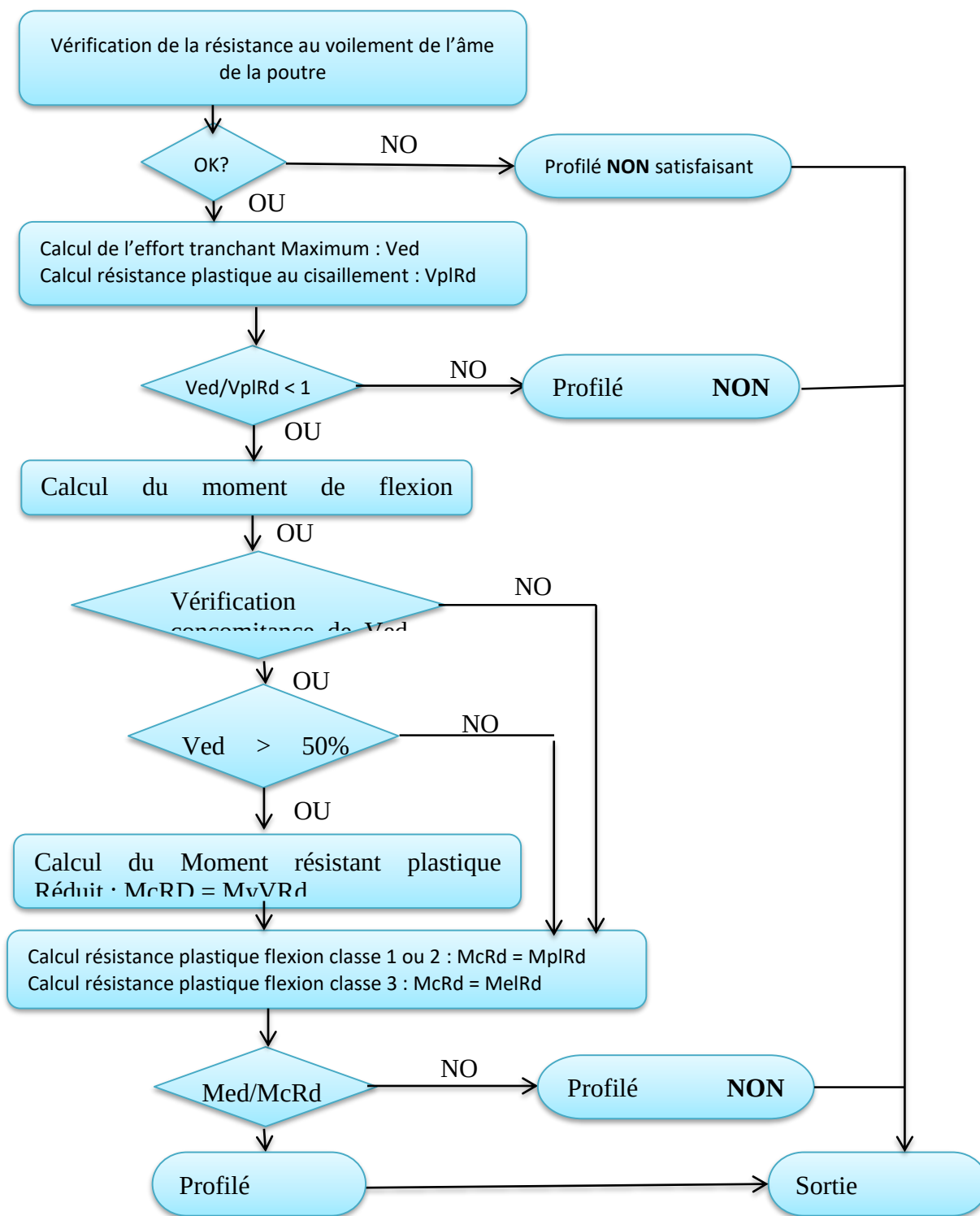
Vérification de l'absence de déversement :

Si la couverture ne bloque pas le déversement de la semelle supérieure comprimée, il effectue aussi une vérification au déversement (voir chapitre ci-avant [Le déversement de l'aile haute](#))

Si les efforts de soulèvement du vent sont tels qu'ils dépassent le poids des éléments chargeant la panne (bac de couverture, faux-plafond, etc. ...), alors la semelle inférieure peut aussi être comprimée. Dans ce cas, une vérification de la résistance de la section (généralement peu pertinente) et une vérification au déversement (beaucoup plus sensible car les points d'appui correspondent à l'espacement entre portiques) sont établies.

Organigramme de calcul de vérification de résistance de panne sous toiture plate :

L'organigramme ci-après présente l'enchaînement des calculs pour la vérification de la résistance de panne sous toiture plate, c'est-à-dire sous flexion simple et non sous flexion bi-axiale, comme dans le cas d'une toiture inclinée et donc d'une panne inclinée.



Organigramme 1 - Vérification de la résistance de panne de toiture plate

Effort appliquée à la lierne :



Si la panne est équipée de lierne, le logiciel calcule la valeur de l'effort de traction appliquée à cette dernière, dans le cas d'une toiture inclinée.

Cas de la toiture inclinée : mise en œuvre des formules d'interaction en raison de la flexion bi-axiale à laquelle est soumise la panne soit les équations (6.61) et (6.62)

Les conditions d'application de ces formules par le logiciel sont les suivantes :

- N_{Ed} est pris égal à 0.
- La longueur de flambement dans le plan de faible inertie ($//$ à la toiture) est prise égale à la longueur entre appuis ou entre lierne et appui. Différence avec la feuille de calcul du CTICM qui prend uniquement la valeur entre appui pour longueur de flambement ce qui modifie la valeur de calcul des coefficients b_{LT} , c_{LT} , d_{LT} et e_{LT} .
- Valeurs des moments maximaux M_{yed} et M_{zed} :
 - Pour une panne isostatique : valeurs au milieu de portée de la panne
 - Pour une panne hyperstatique : valeurs sur le 1^{er} appui intermédiaire soit un appui pour M_{yed} et soit un appui soit une lierne pour M_{zed} . Différence avec la feuille de calcul du CTICM qui prend pour valeur les moments au milieu de la portée s'ils sont plus défavorables mais ne peut pas prendre en compte les conditions géométriques de la panne. La feuille de calcul du CTICM est plus adaptée au calcul d'un poteau ou d'une poutre car elle ne prend pas en compte les conditions d'appui.
- La valeur du Moment critique de déversement (M_{cr}) est calculée suivant les prescriptions de l'annexe M_{cr} de l'Annexe Nationale. Ce qui permet de déterminer χ_{LT} et χ_{LTmod} des équations (6.61) et (6.62). χ_{LTmod} remplace χ_{LT} dans les équations (6.61) et (6.62) afin de pouvoir bénéficier des conditions de l'article 6.3.2.3(2) de l'EN1993-1-1.

Un tableau répertoriant les principales valeurs nécessaires au calcul des coefficients d'interaction K_{ij} figure dans la note de calcul afin de permettre au projeteur de se faire une idée de la pertinence des valeurs renseignées et, éventuellement, de pouvoir faire des comparaisons avec d'autres logiciels.

Justification des formules analytiques utilisées :

Les formules analytiques utilisées sont extraites du formulaire Rdm des Techniques de l'Ingénieur.

Le logiciel utilise uniquement les formules pour 2, 3 et 4 appuis, les formules au-delà n'ont guère de pertinence car la précision du calcul ne va guère à plus de 2% près.

C'est la raison pour laquelle le logiciel ne demande pas de précision si la panne repose sur plus de 4 appuis. Les calculs sont établis comme si la panne reposait uniquement sur 4 appuis.

Je voudrais rappeler ci-dessous les attendus de Rdm, très justement mis en valeur par Mr Le Chaffotec sur le site du CTICM, auquel je vous renvoie pour l'article complet :

« Le fait de mettre en continuité une panne de toiture sur 3 appuis ou plus modifie de façon sensible les sollicitations et les flèches.

Pour une panne en flexion uniaxiale (suivant sa grande inertie) :



Flèche maximale sous l'effet de q : charge uniformément répartie

Panne isostatique, sur 2 appuis simples : $f_0 = 5qL^4/384EI$,

Panne sur 3 appuis, continuité parfaite : $f = 0,4 f_0$,

Panne sur 4 appuis et plus : $f = 0,5 f_0$

La mise en continuité d'une panne soumise à une charge uniformément répartie permet de diviser sa flèche par 2 (par rapport à la panne sur deux appuis simples).

Moment maximal sous q :

Panne isostatique, sur 2 appuis simples : $M_0 = qL^2/8$

Panne sur 3 appuis, continuité parfaite : $M_{\min} = -M_0$ (sur appui central) et $M_{\max} = 0,56 M_0$ (en travée)

Panne sur 4 appuis et plus : $M_{\min} = -0,84 M_0$ (sur premier et dernier appuis intermédiaires) et $M_{\max} = 0,63 M_0$ (en travées de rive).

La mise en continuité sur au moins 4 appuis diminue la valeur absolue du moment de flexion principale.

Action maximale sur appui sous l'effet d'une charge uniformément répartie q :

Appui recevant une panne isostatique de part et d'autre : $R_0 = qL$,

Panne sur 3 appuis : $R = 1,25 R_0$ sur appui central,

Panne sur 4 appuis et plus : $R = 1,1 R_0$ sur premier appui intermédiaire

La mise en continuité majore l'action des pannes sur certains appuis. Il convient d'en tenir compte pour le dimensionnement des structures supports (portiques par exemple).

De ce qui précède, on tire les conclusions suivantes :

La mise en continuité des pannes est particulièrement intéressante lorsque le critère de flèche est prépondérant, donc pour les longues travées (au-delà de 6 m environ),

Si les pannes sont continues sur toute la longueur du bâtiment, l'action sur le premier et le dernier appui intermédiaire est majorée par rapport à la répartition isostatique,

Si les pannes sont en continuité par tronçons sur la longueur du bâtiment, on cherchera à minimiser la majoration de l'action sur certains portiques en décalant les appuis à réaction majorée d'un cours de panne à l'autre (notamment si les pannes sont continues par tronçons de deux travées). »

Extrait de l'article de : Date : 19/09/2008 Auteur(s) : P. LE CHAFFOTEC

Cet article explique la raison pour laquelle vous ne trouvez pas de modification dans la note de calcul quand la panne s'appuie sur 4 appuis ou plus.

De plus, j'ai simplifié mon modèle de calcul pour la panne inclinée en le rendant plus conservatif – Exemples :



- Poutre sur 2 appuis :
 - Avec 2 liernes : cumul du moment maximum au point d'accrochage de la 1^{ière} lierne avec le moment maximum en appui. Alors que le 1^{er} moment se situe à $L/3$ et le 2nd à $L/3$. Fondamentalement, cela ne change pas grand-chose : pour une travée de 5m de longueur, le 1^{er} se trouve à 2,50 et le 2nd à 1,66 m soit 83 cm avant.
- Poutre sur 3 appuis et plus :
 - Le calcul du moment et de l'effort tranchant est toujours calculé sur le 1^{er} portique intermédiaire car c'est sur ce point que le cumul des deux efforts (suivant yy et zz – repère attaché à la panne) est le plus défavorable.
 - Flèche toujours évaluée au milieu de deux appuis, le plus proche possible de la travée en prenant en compte chaque fois, le nombre d'appui pris en compte. Ainsi, panne sur 3 appuis avec 2 liernes donne 3 appuis dans le sens zz et 7 appuis dans le sens yy. Ainsi, dans le sens zz pour une portée de 5 m entre appuis, la flèche est évaluée à 2,50m du l'appui de gauche et pour une seule lierne, à 1,25m de l'appui. On obtiendra donc une flèche par excès. Mais, cela est largement suffisant pour la précision demandée.

Les coefficients utilisés dans les formules analytiques de résistance de matériaux figurant dans le programme sont tirés des formulaires Rdm des Techniques de l'Ingénieur, du Lorraine-Escaut (les plus anciens connaissent !) et de l'article de M. Le Chaffotec parue sur l'ancien site SteelBizFrance (n'existe plus).

6.4.2 Limitations

L'algorithme de calcul ne prend pas en compte les profilés de classe 4.

Le modèle de calcul ne prend pas en compte le risque d'accumulation d'eau de pluie. Ce risque est avéré pour les toitures à faible pente (<3%).

La modélisation ne prend pas en compte le phénomène de torsion provoqué par le non alignement du vecteur charge entre le point d'appui des charges de couverture et le centre d'inertie du profilé dans le cas de panne inclinée. En raison de la faible hauteur du profilé et du type de profilé utilisé (IPE), ce risque est négligeable.

La note de calcul présente le calcul des flèches et les différentes limites : 1/200 ; 1/250 ; 1/300, 1/500 mais ne tranche pas sur son respect de la réglementation. De plus, le Maître d'Ouvrage peut imposer des spécifications de flèches allant au-delà des impositions réglementaires. Le logiciel laisse donc au projeteur le soin de valider ou pas, le profilé suivant les prescriptions imposées au cahier des charges (non connu bien sûr par le logiciel). De plus, pour les pannes inclinées, le logiciel laisse le libre choix au projeteur de négliger ou pas la flèche suivant l'axe local yy de la panne.

En effet, avant le calcul aux Eurocodes (voir dans [\[10\]](#) l'exemple de calcul de panne), l'intervention des liernes, outre la diminution des efforts dans le plan yy, pouvait permettre aussi de valider la diminution de la flèche dans le cas de la non prise en compte de l'intervention du bac acier de toiture. Cela dépendait de la sensibilité du calculateur et du bureau de contrôle à cette prise en compte ou pas du bac de toiture. Sachant qu'il y avait eu de la pathologie sur des déchirures de bac sous l'effet de fléchissement inconsideré et que la rigidité en cisaillement tel que formalisé actuellement, n'existait pas, la lierne intervenait aussi pour diminuer la flèche de la panne. Enfin, le DTU était clair sur ce point : la reprise des efforts horizontaux par les bacs n'était pas visée par le DTU. Aujourd'hui, la question est ouverte.

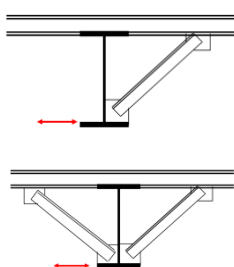


Pour le cas d'une panne de classe 3, dans le cadre de la vérification de la section transversale à la flexion accompagnée d'un effort tranchant affectant le moment résistant, le calcul du moment résistant réduit élastique n'a pas été implémenté. Un avertissement est adressé et figure dans la note de calcul. Toutefois, le calcul est continué avec le moment résistant élastique.

Pour le cas d'une panne de classe 1 ou 2, dans le cadre de la vérification de la section transversale à la flexion xoy (efforts des charges dans le plan local de la panne yy) accompagnée d'un effort tranchant affectant le moment résistant dans le même plan, le calcul du moment résistant réduit plastique n'a pas été implémenté. Un avertissement est adressé et figure dans la note de calcul. Toutefois, le calcul est continué avec le moment résistant élastique.

En résumé, pas de calcul possible pour :

- Profilé de classe 4.
- Pas d'accumulation d'eau de pluie.
- Pas de torsion dans le cadre de panne inclinée (défaut d'alignement de la charge verticale apportée par la couverture avec le centre de gravité de la panne).
- Pas de prise en compte du moment résistant réduit élastique pour la classe 3 pour les cas de vérification sous flexion avec un effort tranchant excédant les 50% de l'effort tranchant résistant. Sans objet pour les classes 1 et 2.
- Pas de prise en compte du moment résistant réduit plastique pour les classes 1 et 2 dans le plan local de la panne yy, dans le cadre de la vérification de la section sous flexion déviée avec un effort tranchant agissant excédant 50% de la valeur de résistance de l'effort tranchant résistant dans le plan de la faible inertie. Cas très très anecdotique.



- Pas de prise en compte d'un effort ponctuel provenant d'un bracon entre la semelle inférieure de la traverse et la panne – Voir image ci-contre pour l'illustration de ce dispositif. Ce dernier intervient pour éviter le déversement de la semelle supérieure de la traverse. Le bracon est calculé en compression.

- Pas de prise en compte d'une « panne braconnée » – Voir image ci-contre pour l'illustration de ce concept. Suivant les recommandations du CTICM, ce dispositif impose de considérer ces bracons comme appuis supplémentaires. L'intérêt de ce dispositif est de calculer les bracons en traction simplement et d'obtenir un bracon

de dimension moindre par rapport au dispositif précédent.

6.5 Rendu du contrôle de dimensionnement – Note de calcul

La note de calcul établit :

- La possibilité de prise en compte ou pas du rôle de maintien latéral continu de la tôle de couverture
- L'établissement des combinaisons ELS Caractéristiques pour le calcul des flèches, des combinaisons ELU structure et combinaison EL Accidentel si des charges accidentelles ont été renseignées (neige et/ou vent) pour la vérification de la résistance structurale et la résistance au déversement.
- Le calcul des flèches vis-à-vis des exigences réglementaires et contractuelle.
- La vérification de résistance structurale :
 - Risque de voilement au cisaillement
 - Vérification de l'effort tranchant suivant l'axe de forte inertie et de faible inertie si panne inclinée.



- Vérification sou flexion simple (panne droite) ou sous flexion déviée si panne inclinée.
- Vérification au risque d'instabilité par déversement
 - Semelle supérieure si aucun maintien latéral
 - Semelle inférieure si risque de soulèvement.
- Calcul de l'effort repris par une lierne si présence de cette dernière.
- Affichage du résumé des avertissements si présence de ces derniers.

Le plan de la note de calcul est le suivant :

Entête avec :

La date de la note de calcul

Le nom du rédacteur, le nom du chantier et la référence du logiciel utilisé (nom et n° de version)

1 - Le rappel des hypothèses

Normes et réglementations applicables

Caractéristiques géométriques

Classe du profilé

Charges appliquées

2 - Calcul des flèches

3 - Vérification des conditions de résistance et d'instabilité à l'Etat Limite Ultime

Résistance au voilement par cisaillement

Résistance structurale et instabilité aux Etats Limites Ultimes

4 - Vérification des conditions de résistance et d'instabilité à l'Etat Limite Accidentel

5 - Effort de traction sur une lierne

6 - Avertissements

6.6 Exemple de calcul

Deux exemples de calcul ont été traités à partir de ce logiciel.

Ces exemples figurent sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr> à la page logiciel Calculette Métal™, à la rubrique Exemples.

Vous trouverez aussi le détail de ces exemples dans le guide de validation du logiciel, dans la page web du logiciel, à la rubrique Exemple.



6.6.1 Exemple n°1

Cet exemple est tiré de la feuille SX021a [\[4\]](#) réalisée par le groupement « Access Steel » et disponible sur le site web du même nom, site que je vous recommande chaudement de mettre dans vos favoris.

L'exemple concerne des pannes de toiture plate.

Plusieurs éléments sont à prendre en compte pour établir le comparatif entre les notes de calculs délivrées par le logiciel et la feuille de calcul SX021a :

- Le calcul de la fiche a été conduit exclusivement suivant l'EN alors que le logiciel prend en compte toutes les modifications amenées par l'Annexe Nationale ce qui peut conduire à des valeurs différentes pour :
 - o α_{LT}
 - o $\beta = 1$ au lieu de 0,45 dans l'EN 1993-1-1 :2005
 - o χ_{LT} qui est en partie fonction des termes au-dessus
- Le calcul du déversement ne prend pas en compte la possibilité de corriger le coefficient χ_{LT} pour tenir compte de la distribution des moments d'où l'apparition du coefficient $\chi_{LT_{mod}}$.
- Dans la première note de calcul, le logiciel effectue toujours la vérification du déversement si :
 - o Rigidité minimale en cisaillement pour un maintien latéral continu suivant l'annexe BB2.1 de l'EN1993-1-1 $S = 9\,706.5\text{ KN}$ - Rigidité en cisaillement minimale requise La rigidité en cisaillement de la couverture est suffisante si la tôle de couverture est fixée à la panne à chaque nervure. $S_{tole} = 10\,680.0 > S$ requis mais $0.2 \times S_{tole} < S$ requis = $9\,706.46\text{ kN}$. Une vérification au déversement est quand même établie pour le cas où la densité de fixation serait moindre.
 - o Pour éviter cette vérification, il suffit de cocher l'option « la tôle de couverture assure la rigidité en cisaillement »
- Le calcul de M_{cr} pour la combinaison au soulèvement a été fait par le logiciel LtBeam. Dans la 1^{ière} note de calcul, M_{cr} a été calculé par l'annexe M_{cr} de l'Annexe nationale et le résultat est plus conservatif. D'où la présence de la 2^{ème} note de calcul ou la valeur de M_{cr} a été directement renseignée.

Dans la vidéo de présentation de l'exemple, un passage de quelques minutes est consacré au module de rigidité en cisaillement de la tôle de couverture et un autre passage, plus court, présente le module de classification des profilés normalisés IPN, IPE, HEA et HEB.

Ces points sont détaillés dans le guide de validation du logiciel, au chapitre du module « Panne » dont je vous encourage à prendre connaissance.

6.6.2 Exemple n°2

Il s'agit de vérifier si une panne IPE 100 existante peut supporter un changement de couverture avec la mise en place d'une couverture avec isolant et complexe d'étanchéité de type membranes bitumineuses et la mise en place en sous-face d'un nouveau faux-plafond coupe-feu, problème qui se pose souvent en rénovation ou lors d'un changement de destination du bâtiment.

Cette panne est située sur une couverture en pente à la limite des 15%, ce qui permet de mettre en avant le traitement automatique des charges d'exploitation sur ce type de toiture de catégorie H.

Cet exemple met aussi en exergue les points suivants :



- La prise en compte d'une panne sur appuis multiples
- La prise en compte automatique de la catégorie H avec la charge d'exploitation imposée par l'AN.
- La vérification des flèches sur une panne inclinée, avec ou sans lierne
- La vérification au cisaillement dans les 2 axes locaux de la panne : yy et zz
- La vérification en flexion déviée
- La vérification au déversement avec le calcul des coefficients d'interaction K_{yy} , K_{yz} , K_{zz} et K_{zy} .
- Le calcul en Etat Limite Accidentel sous la charge de neige accidentelle.
- Le calcul de reprise d'effort d'une lierne.

La note de calcul établit :

- La possibilité de prise en compte ou pas du rôle de maintien latéral continu de la tôle de couverture
- L'établissement des combinaisons ELS Caractéristiques pour le calcul des flèches, des combinaisons ELU structure et combinaison EL Accidentel si des charges accidentelles ont été renseignées (neige et/ou vent) pour la vérification de la résistance structurale et la résistance au déversement.
- Le calcul des flèches vis-à-vis des exigences réglementaires et contractuelle.
- La vérification de résistance structurale :
 - Risque de voilement au cisaillement
 - Vérification de l'effort tranchant suivant l'axe de forte inertie et de faible inertie si panne inclinée.
 - Vérification sous flexion simple (panne droite) ou sous flexion déviée si panne inclinée.
- Vérification au risque d'instabilité par déversement
 - Semelle supérieure si aucun maintien latéral
 - Semelle inférieure si risque de soulèvement.
- Calcul de l'effort repris par une lierne si présence de cette dernière.
- Affichage du résumé des avertissements si présence de ces derniers.

L'exemple de calcul est accessible sur le site internet <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr> à la page du logiciel « Calculette Métal », à la rubrique « Exemple ». Il s'agit de l'exemple n°2.



7 Calcul de la rigidité de cisaillement de tôles métallique

7.1 Préambule

Avant l'arrivée de l'Eurocode 3, il était largement reconnu que la mise en œuvre d'un bac sur panne suivant les recommandations du DTU, empêchait le déversement de l'aile supérieure de ce même profilé.

Ainsi, il n'était jamais procédé à la vérification du déversement de la panne sous charge descendante pour les profilés de type IPE, IPN. Pour vous en convaincre, relisez les exemples de calcul se trouvant dans les livres de J. Morel (voir §11 [Bibliographie](#))

L'Eurocode 3 impose maintenant, pour les bacs de forme trapézoïdale, un minimum de rigidité en cisaillement pour pouvoir négliger le calcul du déversement.

Par contre, pour le cas d'autres éléments de couverture (plaque en fibro-ciment, plaque ondulé métallique, ...), l'Eurocode ne dit rien. On continue suivant les erratas antérieurs.

Attention :

Je parle bien d'effort de reprise de déversement. Il n'est pas question dans ce chapitre de reprise d'effort de contreventement (le bac remplaçant la poutre au vent). Ce cas de figure avait déjà été étudié bien avant l'arrivée de l'Eurocode et a donné lieu à des publications scientifiques et recommandations.

Pour ma part, je n'ai jamais vu mis en œuvre ce type de solution, peut-être, en raison de sa complexité et aussi de son coût vis-à-vis d'une solution plus traditionnelle.

Pour rappel, dans le cas où la plaque de couverture assure la résistance à l'instabilité au déversement de la panne, la classe de construction suivant l'annexe B de l'EN 1090 sera de niveau II. Elle devra apparaître dans la note de calcul et figurer dans le dossier des ouvrages exécutés (DOE) pour prise en compte par le Maître d'Ouvrage lors du renouvellement de ces plaques de couverture.

7.2 Formulaire de recueil des données

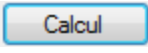
Le formulaire se présente sous la forme suivante :



Figure 7-1 - Formulaire de recueil des données pour le calcul de rigidité en cisaillement de tôle de couverture

Le calcul de la rigidité en cisaillement nécessite la connaissance de 4 données :

- L'épaisseur de la tôle de couverture. Généralement 63/100 mm, 75/100 mm, etc...
- La distance entre pannes support de la tôle de couverture.
- La hauteur de la nervure de la tôle (cote hw sur le schéma ci-dessus).
- La largeur de la toiture. L'EN 1993-1-3 n'étant pas très explicite sur le terme « largeur de toiture » (doit-on prendre la distance entre 2 traverses support de panne, la longueur d'un versant, la longueur totale du long pan ?), je reprends à mon compte ce que fait figurer le CTICM dans son exemple, à savoir la distance entre 2 traverses ou, ce qui est identique, la portée de la panne.

Pour lancer le calcul, vous devez cliquer sur le bouton  ou appuyer sur la touche « Enter » de votre clavier.

Le résultat du calcul s'affiche directement sur le formulaire, dans le champ de texte considéré (en partie basse du formulaire).

7.3 Calcul

Le calcul est établi suivant la formule figurant à l'article 10.1.1(10) de l'EN 1993-1-3 :2006.

Cette formule vaut :



Equation (10.1b) de l'EN 1993-1-3 :2006

$$S = 1\,000 \sqrt{t^3 \left(50 + 103 \sqrt{b_{\text{roof}}} \right) \frac{s}{h_w}} \text{ (N), } t \text{ et } b_{\text{roof}} \text{ en mm}$$

L'unité de cette formule est le Newton, raison du (N) à côté de la formule. Important car le texte n'est pas très explicite.

7.4 Exemples de calcul

7.4.1 Exemple n°1

L'exemple consiste à vérifier si un bac acier de couverture peut maintenir latéralement une panne de couverture IPE 120.

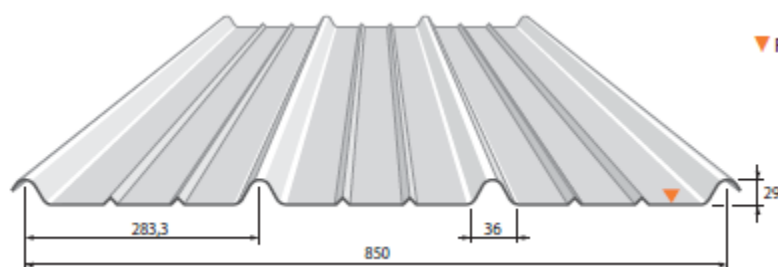


Figure 7-2 - Bac Arval Hacierco

Bac acier de couverture utilisé :

Modèle ARVAL gamme Trapeza Hacierco 3.283.29 T

Bac de couverture sèche

Bac dont la forme est conforme au domaine de définition de la formule utilisée.

Caractéristiques géométriques :

- Hauteur nervure : $h_w = 29 \text{ mm}$
- Epaisseur tôle : $t = 75/100 \text{ mm}$

Les pannes de couverture (IPE 120) sont espacées de 1,30m (soit $s = 1300 \text{ mm}$ car h_w en mm) et reposent sur des portiques espacés de 6m. $\rightarrow b_{\text{roof}} = 6000 \text{ mm}$.

Le calcul manuel donne : $S = 6\,746\,614,4 \text{ N}$ ou $6\,746,614 \text{ kN}$

Le calcul automatique donne : $S = 6\,746,614 \text{ kN}$

Les 2 résultats sont bien identiques (heureusement !).

Pas de vidéo de présentation pour cet exemple en raison de la simplicité d'utilisation.

7.4.2 Exemple n°2

Cet exemple est tiré de la fiche SX021a réalisé par le groupement « Access Steel » et disponible sur le site web du même nom, site que je vous recommande chaudement de mettre dans vos favoris. Cette fiche est disponible aussi dans l'exemple n°1 pour le calcul de panne.

Rigidité en cisaillement de la plaque :

- Valeur logiciel : $10\,677,989 \text{ kN}$



- Valeur fiche SX021a : 10680 kN

Les 2 valeurs sont quasi-identique, la fiche SX021 arrondissant les valeurs.

Vous retrouverez cet exemple dans la vidéo qui présente l'exemple n°1 du module Panne.

7.4.3 Exemple n°3

Cet exemple est intégré dans l'exemple n°2 du module Panne. Je vous invite à visionner la vidéo accompagnant cet exemple pour prendre connaissance de l'utilisation de ce module dans cet autre cas de figure. Visible dans la vidéo de présentation du module Panne - exemple n°2 de 9 minutes à 10 minutes 30.

Vous avez aussi une présentation de ce module dans l'exemple n°1, toujours du module Panne, dans la vidéo de présentation de cet exemple, de 12 minutes 40 à 15 minutes.

Je vous invite à voir ces 2 extraits vidéo qui montrent très bien l'utilisation du formulaire « Rigidité en cisaillement » et le cadre dans lequel il peut être utilisé.



8 Formulaire Configuration du logiciel

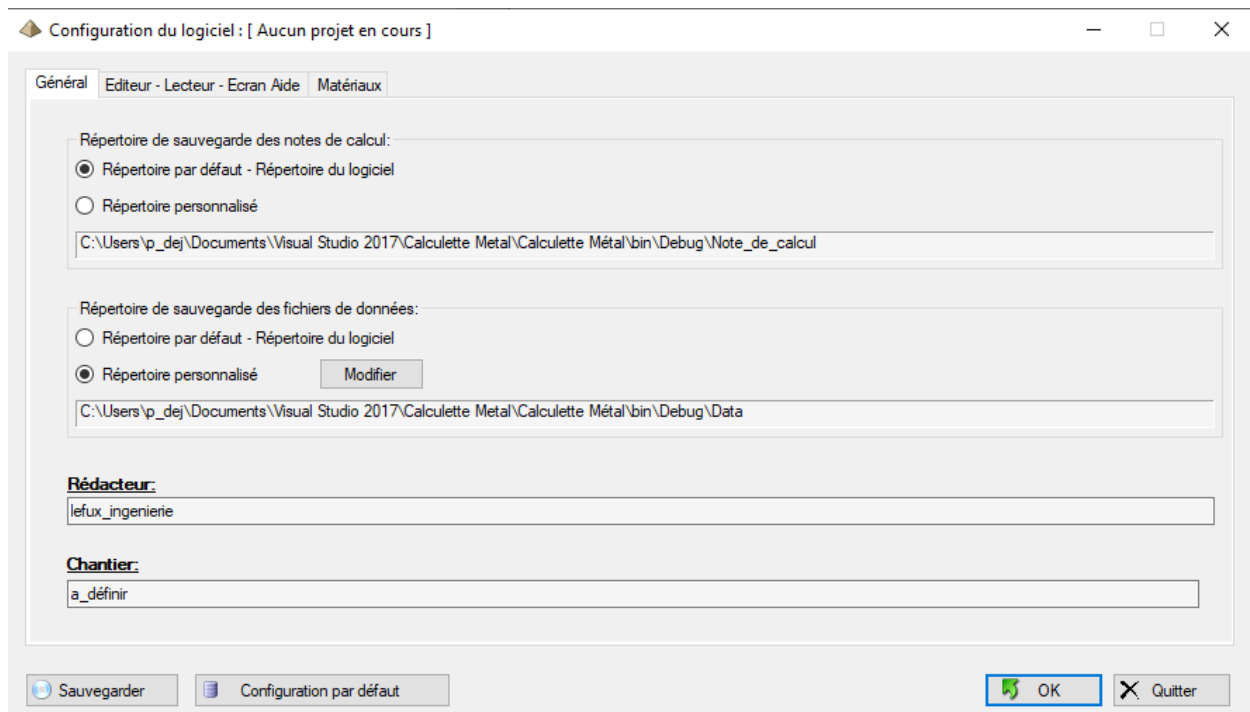
8.1 Présentation général

Le bouton « Configuration » vous permet d'accéder au formulaire « Configuration » pour personnaliser votre logiciel.

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

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

Le formulaire se présente sous la forme suivant :



8-1 - Formulaire Configuration

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.

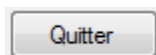
Ce formulaire présente trois onglets :

- Onglet général : avec le détail des répertoires de sauvegarde de données et des notes de calcul, nom du chantier et du projeteur.
- Onglet Editeur – lecteur – Ecran Aide : pour l'éditeur de la note de calcul, l'affichage de la note de calcul et l'écran d'aide contextuelle.
- Onglet Matériaux : modules d'élasticité et coefficients partiels



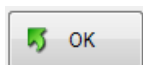
Tous ces onglets font l'objet d'une présentation détaillée ci-après.

Commun à tous les onglets, le formulaire présente, dans sa partie basse, 4 boutons qui proposent les fonctions suivantes :



Permet de quitter le logiciel pour revenir à l'écran principal sans avoir pris en compte les données figurant dans les onglets. Produit le même effet que cliquer sur la croix rouge en bordure haute du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

Attention : en appuyant sur le bouton « Quitter », vous n'enregistrez pas les éventuelles modifications portées à la configuration. Si vous voulez prendre en compte les modifications apportées, vous devez d'abord enregistrer les modifications en cliquant sur le bouton « Sauvegarder » puis cliquer sur le bouton « Quitter » pour sortir du formulaire.

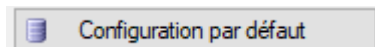


Le bouton « OK » valide les données renseignées sur l'ensemble des onglets mais n'écrit pas ces données dans le fichier `cfg_Calculette_Metal.ini` et ferme le formulaire. Ces données ne seront pas donc disponibles lors du prochain appel à ce logiciel.

L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.

Intérêt du bouton « OK » par rapport au bouton « Sauvegarder » :

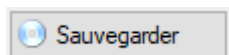
Le bouton « OK » va vous permettre de réaliser des formulations avec un jeu de configuration provisoire sans toucher à votre fichier de configuration initial. Si votre jeu de configuration vous convient, il vous suffira de vous rendre de nouveau dans le formulaire configuration et de cliquer sur le bouton « Sauvegarder » et le jeu provisoire de données deviendra le jeu définitif.



Affiche la configuration inscrite « en dur » dans le logiciel.

Ainsi, en cas de manipulation malheureuse du logiciel, il est toujours possible de revenir à la configuration par défaut. Toutefois, pour la prendre en compte, vous devrez, de nouveau, la sauvegarder. Pour se faire, deux choix :

- Soit vous cliquez sur le bouton « OK » : vous repartez provisoirement (voir ci-dessus) avec les données en dur et vous quittez le formulaire. Toutefois, vous n'aurez pas sauvegardé les données.
- Soit vous cliquez sur le bouton « Sauvegarder » (bouton ci-dessous). Vos données sont sauvegardées dans le fichier ini mais vous resterez dans le formulaire. Il vous faut par la suite, cliquez sur le bouton « OK » ou « Quitter »



Permet de sauvegarder la nouvelle configuration renseignée dans le fichier `cfg_Calculette_Metal.ini`. Si vous ne sauvegardez pas, toutes les modifications apportées à la configuration ne seront pas prises en compte. L'intérêt de ce bouton, c'est de sauvegarder vos données et de pouvoir faire un dernier contrôle avant de quitter le formulaire.

8.2 Onglet Général

Il s'agit du 1^{er} onglet.

Il se présente sous la forme suivante :



Configuration du logiciel : [Aucun projet en cours]

Général | Editeur - Lecteur - Ecran Aide | Matériaux

Répertoire de sauvegarde des notes de calcul:

☒ Répertoire par défaut - Répertoire du logiciel

☐ Répertoire personnalisé

C:\Users\p_dej\Documents\Visual Studio 2017\Calculette Metal\Calculette Métal\bin\Debug\Note_de_calcul

Répertoire de sauvegarde des fichiers de données:

☐ Répertoire par défaut - Répertoire du logiciel

☒ Répertoire personnalisé Modifier

C:\Users\p_dej\Documents\Visual Studio 2017\Calculette Metal\Calculette Métal\bin\Debug\Data

Rédacteur:

lefux_ingenierie

Chantier:

a_définir

Sauvegarder Configuration par défaut OK Quitter

Attention :

Les champs que vous voyez renseignés ci-dessus sont propres à mon ordinateur. Les éléments se trouvant à l'intérieur de ces champs seront différents pour votre PC.

Il présente les éléments suivants :

- Choix du répertoire dans lequel seront sauvegardés les fichiers des données de calculs. Il affiche le répertoire par défaut mais vous donne la possibilité de sauvegarder dans un autre répertoire de votre choix.
- Choix du répertoire dans lequel seront sauvegardés les fichiers des données de calculs. Même possibilité que pour le répertoire précédent.
- Le nom du rédacteur de la note de calcul
- Le nom du chantier, éventuellement de la pièce, etc. ...

Cet onglet permet :

- De choisir le répertoire dans le lequel vont être rangées les notes de calcul
- De choisir le répertoire dans le lequel vont être rangées les fichiers de données décrivant la semelle à calculer.

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

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



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

 Important :

Dans la version actuelle, il faut que tous les mots affichés dans les champs « Rédacteur » et « Chantier » se tiennent. Sinon, le logiciel ne retiendra que le 1^{er} mot. Exemple : si vous écrivez « Exemple 1 » avec un blanc entre exemple et le chiffre 1, le logiciel n'affichera que le terme « exemple ». C'est la raison pour laquelle dans l'exemple ci-dessus, exemple et 1 sont reliés par _.

8.3 Onglet Editeur

Cet onglet s'affiche sous la forme suivante :

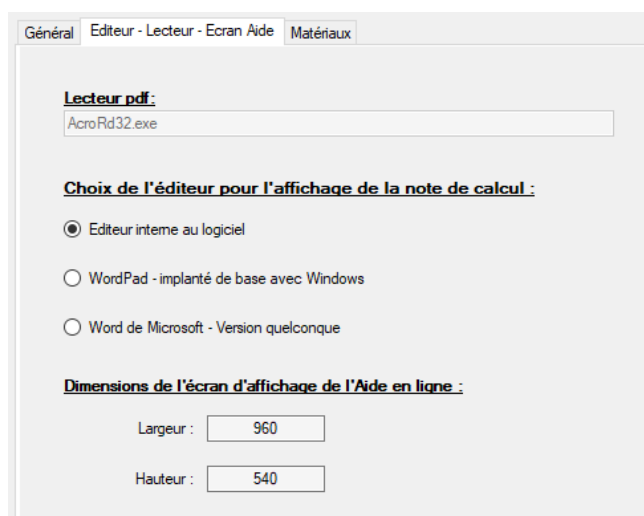


Figure 8-2 - Onglet Editeur - Lecteur - Ecran Aide

Dans cet onglet, vous trouverez :

Le nom du lecteur (voir le point attention ci-dessous)

Le choix de l'éditeur pour la note de calcul

Les dimensions souhaitées pour l'écran d'affichage de l'aide contextuelle, les dimensions sont en pixels.

Pour l'éditeur, il y a trois choix sont possibles :

- L'éditeur interne au logiciel. Il sera toujours accessible car inclus dans le logiciel.
- Le logiciel WordPad® de Microsoft qui est livré avec le système d'exploitation Windows et normalement installé avec ce dernier. Normalement, il ne devrait vous être proposé que si ce dernier est présent sur votre ordinateur.
- Le logiciel de traitement de texte Word® de Microsoft, version indifférente.

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

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

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

8.4 Onglet Matériaux

Cet onglet s'affiche sous la forme suivante :



Général Editeur - Lecteur - Ecran Aide **Matériaux**

Acier:

Module d'élasticité longitudinal: 210 000 (MPa)

Module d'élasticité transversal : 80 770 (MPa)

Coefficients partiels matériaux:

γ_{m0} : 1.00

γ_{m1} : 1.00

γ_{m2} : 1.25

Coefficients partiels actions:

γ_G : 1.35

γ_Q : 1.50

L'onglet affiche :

Les caractéristiques mécaniques de l'acier : modules d'élasticité longitudinal et transversal

Les coefficients partiels matériaux : γ_{m0} , γ_{m1} et γ_{m2}

Les coefficients partiels action : γ_G et γ_Q

Ces coefficients seront donc utilisés pour l'ensemble des modules de calcul du logiciel.

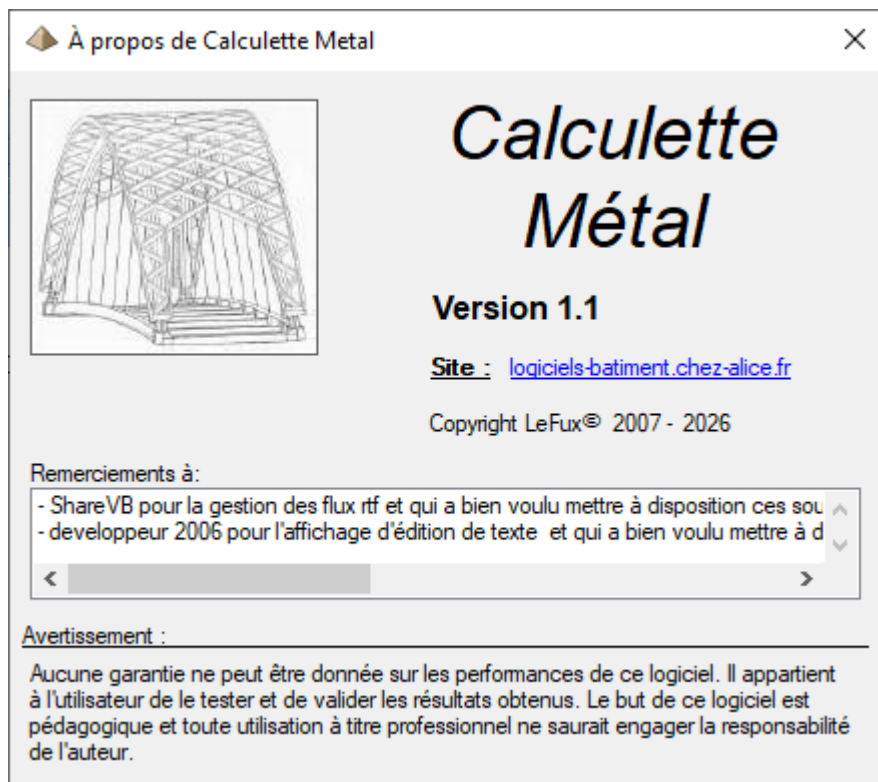
Figure 8-3 - Onglet Matériaux



9 Ecran « A propos »

L'écran « A propos... » vous indique quelle version logicielle est installée sur votre ordinateur, ou du moins quelle version vous êtes actuellement en train de faire fonctionner. Cela est important pour connaître les fonctionnalités offertes. Ainsi, une fonction sera disponible dans la version 2.0 mais pas nécessairement dans la version 1.0.

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



9-1 - Formulaire A propos

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



10 Caractéristiques du logiciel

10.1 Fonctionnalités par version

10.1.1 Version 1.1

La version 1.1 a bénéficié des évolutions suivantes : (A faire pour les éléments en rouge ci-dessous) :

- Réalisation du setup du logiciel qui permet une installation quasi-professionnelle sur un ordinateur, avec les fichiers et répertoires nécessaires à son fonctionnement. C'est la raison pour laquelle il est important que vous ayez les droits en écriture sur cette partie de répertoire. Ce point est rappelé dans la vidéo illustrant le process d'installation du logiciel.
- Basculement du logiciel sur le Framework .Net 4.6.1 pour être identique à celui de l'installateur.
- Suppression de certaines références dans le projet du logiciel dont notamment Microsoft.VisualBasic pour avoir un codage en pur .Net.
- Mise en place des classes et objets suivant :
 - Classe Affaire
 - Classe Charges
 - Classe Combinaisons
 - Classe Element regroupant la classe Poutre et la classe Panne
 - Classe Materiaux
 - Classe Profile

Toutefois, ces classes et objets ne sont fonctionnels que pour les modules « Poutre » et « Panne ». Pour les autres modules, ces derniers fonctionnent toujours via des variables générales.

- Module General :
 - Lecture des données se trouvant dans les fichiers .txt sont gérés uniquement pour le programme Lecture_Gen, quel que soit le programme appelant. Homogénéité de lecture pour l'ensemble des modules.
- Formulaire Configuration :
 - Ajout des boutons « Ok » et « Quitter » et harmonisation des fonctions des boutons « Sauvegarder » et « Réinitialisation » avec les mêmes boutons des autres logiciels de LeFux Ingenierie.
 - Choix des dimensions de l'écran d'affichage de l'Aide en ligne
 - Vérification de la présence des Editeurs WordPad et Word sur l'ordinateur sur lequel est installé le logiciel.
 - Vérification de la cohérence des répertoires par défaut pour les fichiers de données téléchargés. Exemples : les fichiers téléchargés sur le site du logiciel. La racine du répertoire par défaut ne devrait pas être la même que celle qui figure sur les fichiers exemples de données.
 - Test généralisé sur l'entrée des données dans les TextBox
 - Vérification du bon fonctionnement du lecteur pdf par défaut avec le changement de Acrobat Reader vers Sumatra. Fonctionne mais laisse afficher dans le champ de texte AcroRd32.exe.
 - Mise à jour de la présente notice.



- Formulaire Menu Général
 - Mise en place d'un module « ForceDot » qui impose le point comme séparateur décimal. Plus de problème de gestion de « , » ou de « . » comme séparateur dans les nombres décimaux.
 - Apparition d'un bouton « Aide » pour permettre l'accès direct à la présente notice sous format pdf.
- Formulaire Poutre continue
 - Appel fichier : corrections de divers bugs
 - Sauvegarde : correction de divers bugs
 - Chargement du formulaire : correction de divers bugs
 - Ajout de plusieurs types de flèches
- Formulaire Panne
 - Mise en service des boutons « Fichier », « Sauvegarde », « Effacer », etc. ...
 - Corrections diverses sur l'entrée des données et sur la lecture des données
 - Refonte complète de l'entrée des données des charges variables
 - Clarification de la prise en compte de toiture de catégorie H
- Formulaire Classification des profilés
 - Correction sur les affichages de classification en flexion simple suivant My et Mz. Les valeurs n'étaient pas affichées.
 - Bascule des variables sur la classe Poutre ce qui simplifie et sécurise l'entrée des données.
 - Calcul de la classe de la section transversale en flexion simple suivant l'axe faible
 - Calcul de la classe de la section transversale en flexion-compression suivant l'axe faible.
 - Intégration dans la présente notice, de la documentation sur ce module.
- Formulaire Caractéristiques géométriques et mécaniques de profilés
 - Les éléments PRS et Composés d'éléments ne sont plus visible dans cette version car ils doivent être vérifiés. Et ils le seront lorsqu'ils passeront sous classe objet. Ce sera plus facile pour repérer d'éventuelle redondance, sachant que les modules Classification et Calculs Géométriques ont été retirés du module de calcul général pour être intégrés directement dans la classe objet en tant que méthode.
 - Seuls les profilés normalisés apparaissent.
- Formulaire Poteau (Non diffusé) :
 - Ajout des boutons « Aide » et « Quitter »
 - Rédaction du §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** - **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** dans la présente notice
 - Masquage du bouton « LTbeam » dans l'onglet Déversement, l'accès au logiciel ne fonctionnant pas.
 - Masquage des renseignements pour le profil de type PRS dans l'onglet « Caractéristiques géométriques », ce dernier n'étant pas fonctionnel.
 - Précisions de quelques limites mais il en manque beaucoup certainement car je n'ai fait qu'une vérification largement partielle de ce module.
- Formulaire Assemblage Poteau-Poutre par platine d'about boulonnée (Non diffusé) :
 - Reprise des 6 onglets pour ne faire afficher uniquement les champs de renseignement nécessaire au calcul. Cela rend les onglets plus facilement lisibles et compréhensibles.
 - Les 5 derniers onglets sont liés dynamiquement au 1^{er} onglet. Dès qu'une modification est portée sur le 1^{er} onglet, elle est reportée sur les autres onglets.
 - Ajout des boutons « Aide » et « Quitter »
 - Ajout de boutons d'aide contextuelle



- Correction de bug sur la sauvegarde de données
- Refonte complète du §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** - **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** dans la présente notice.
- Moteur de calcul – Module EC3
 - Module Poutre continue
 - Basculement des variables générales en Classes et Objet
 - Relecture complète du module de calcul de l'élément Poutre (voir ci-dessous).
 - Des sous-programmes ont été mis en commun avec la module « Panne »
 - Améliorations diverses sur le rendu de la note de calcul : §Normes, ...
 - Modification du calcul de Afz en déversement pour prendre en compte les congés de raccordement.
 - Correction de l'algorithme du calcul de la vérification de l'effort tranchant
 - Module Panne
 - Basculement des variables générales en Classes et Objet
 - Relecture complète du module de calcul de l'élément Panne (voir ci-dessous).
 - Des sous-programmes ont été mis en commun avec la module « Poutre »
 - Améliorations diverses sur le rendu de la note de calcul : §Normes, ...
 - Correction de l'algorithme du calcul de la vérification de l'effort tranchant
 - Correction de l'algorithme de la vérification de la résistance à la flexion déviée, notamment vis-à-vis de la classe 3.
 - Affichage du chapitre final Avertissements.
 - Module Caracteristique_Geometrique :
 - Basculement de ce dernier dans la classe Profile comme méthode. Incomplet pour le moment tant que certains éléments comme les poteaux n'ont pas basculé en objet. A terme, ce dernier ne devrait plus se trouver dans le moteur de calcul mais directement intégré dans la classe Profile.
 - Module Classification_Profile :
 - Basculement de ce dernier dans la classe Profile en tant que méthode. Incomplet pour le moment tant que certains éléments comme les poteaux n'ont pas basculé en objet. A terme, ce dernier ne devrait plus se trouver dans le moteur de calcul mais directement intégré dans la classe Profile.
 - Module Poteau (Non diffusé)
 - La note de calcul sous format rtf ne s'affichait pas. L'erreur logicielle a été reprise et le fichier rtf s'affiche maintenant correctement dans un logiciel de traitement de texte.
 - La validation ne passe pas au niveau du 1^{ier} exemple SX031a. Il faut passer en variable objet pour faire le tri dans toutes les variables car il y a certainement des erreurs dans la transmission des variables. Mais pas que ... A revoir avant de diffuser.

Les autres modules de vérification et de dimensionnement :

- Assemblage poutre-poutre par platine d'about boulonnée
- Pied de poteau articulé
- Pied de poteau encastré
- Efforts induits par les appareils de levage
- Chemin de roulement



N'ont pas fait l'objet d'évolution dans le cadre de la réalisation de cette version.

10.1.2 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 bugs de fonctionnement qui seront repris dans les versions ultérieures.

Pas de diffusion sur le site internet : <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, sur la page qui lui est dédiée en raison d'erreur dans les liens. Ce qui rendait son téléchargement impossible.

10.2 Evolutions logicielles à venir

10.2.1 Pour le module Poutre

A programmer pour les prochaines versions :

- La bascule du module sur la 2^{ème} génération d'Eurocode.
- Récupérer le module Rdm du logiciel « Poutre BA™ » pour pouvoir dimensionner des poutres avec des charges et des travées indépendantes les unes des autres.

10.2.2 Pour le module Panne

A programmer pour les prochaines versions :

- La bascule du module sur la 2^{ème} génération d'Eurocode.
- La prise en compte de la poussée d'un bracon sur la panne dans le cas de la mise en place d'un bracon entre la panne et la traverse afin de réaliser un point de blocage contre le déversement.
- Le dimensionnement des échantignoles
- Le dimensionnement des éclisses de continuité
- Le dimensionnement des boulons de fixation de la panne sur la semelle de la traverse du portique
- La prise en compte des conditions chantier :
 - Transport : limitation de la panne à 12m
 - Conditions de continuité : éclisse ou platine boulonnée
 - Conditions de fixation : échantignolles ou boulons

10.2.3 Pour le module Classification des profilés

A programmer pour les prochaines versions :

- La prise en compte de la traction avec la flexion. Dans la version actuelle, seule la compression est prise en compte avec la flexion.
- La prise en compte des PRS

10.2.4 Pour le module Caractéristiques géométriques et mécaniques de profilés

A programmer pour les prochaines versions :



- La prise en compte des PRS
- La prise en compte des profilés composés, nécessaires par exemple aux poutres de roulement pour pont roulant.

10.3 Structure du fichier de données

La structure du fichier de données est toujours composée de la même façon :

- Un fichier texte en format .txt
- Plusieurs fichiers au format .xml

Ces fichiers doivent impérativement être placés dans le même répertoire sous peine d'avoir des erreurs lors du chargement des données.

La structuration du fichier de données est rappelée, pour chaque module :



11 Bibliographie

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

- [2] - L'EN1990 – Base de calcul des structures. Et son annexe nationale
- [3] - L'EN1991-1-1, actions sur les structure – partie 1-1 : actions générales – Poids volumiques poids propres, charges d'exploitation pour les bâtiments. Et son annexe nationale
- [1] - L'EN1993-1-1 :2005 AC2009 + amendement A1 et l'Annexe Nationale Française à l'EN1993-1-1 : 2013
- « Formulaire de la construction métallique » P. MAITRE – Edition Le Moniteur - 1997

Pour le module « Calcul de poutre continue » :

- [5] - Feuille de calcul Access Steel SX001a-FR EU de décembre 2004 – Réalisé par A. Bureau et vérifié par Y. Galéa.
- [6] - Feuille de calcul Access Steel SX003a-FR EU de mai 2005 – Réalisé par V. Lemaire et vérifié par A. Bureau

Pour le module « Calcul de panne » :

- [4] – Feuille de calcul Access Steel SX021a-FR EU de janvier 2006 – Réalisé par M. Lukic et vérifié par A. Bureau
- « Calcul des structures métalliques selon l'Eurocode 3 » de J. MOREL. Edition Eyrolles – 2006
- [10] - « Conception et calcul des structures métalliques » de J. MOREL. Edition Eyrolles – 1990
- [11] – Feuille Avant-Projet Access Steel SS049a – Conception d'un empannage
- Article de Mr Le Chaffotec du CTICM, paru à la fin des années 2000 sur le site SteelBizFrance et qui concernait la continuité des pannes. Je ne retrouve plus ce site et une partie de cet article se retrouve dans la référence [11] ci-dessus.

Pour le module « Classification des profilés » :

- [7] - Feuille de documentation Access Steel SD001a-FR EU de novembre 2005 – Réalisé par A. Bureau et vérifié par Y. Galéa.
- [8] – Feuille de calcul Access Steel SX030a Exemple Analyse élastique d'un portique simple en PRS pour sa présentation de classification d'un PRS.
- [9] – « Structures métalliques – Dimensionnement des ossatures acier selon les Eurocodes – Cours et applications – Collection Technosup – Génie Civil » de G. LE RUN – Edition Ellipses – 2014

Pour des points particuliers :

- Pour la partie Résistance des Matériaux et calcul des flèches :
 - Le formulaire Rdm des Techniques de l'Ingénieur
 - Le formulaire « Lorraine – Escout », paru à la fin des années 1950 et que l'on trouvait encore dans les bibliothèques professionnelles à la fin des années 1990. Le tout informatique étant passé par là, je doute que ce document dise quelque chose à nos collègues ingénieurs les plus jeunes.