

Manuel de l'utilisateur
Structures 3D

Structures 3D

Manuel de l'utilisateur



Software pour
l'Architecture et
l'Ingénierie de
la **Construction**

CYPE Ingenieros, S.A.
Avda. Eusebio Sempere, 5
03003 **Alicante**
Tel. (+34) 965 92 25 50
Fax (+34) 965 12 49 50
cype@cype.com

www.cype.fr

IMPORTANT: CE TEXTE REQUIERT VOTRE ATTENTION

L'information contenue dans ce document est propriété de CYPE Ingenieros, S.A. et la reproduction partielle ou totale ainsi que la diffusion sous quelque forme et support que ce soit est interdite sans l'autorisation expresse et préalable de CYPE Ingenieros, S.A.. L'infraction des droits de propriété intellectuelle peut constituer un délit au sens de l'Article L.122-4 du Code de la Propriété Intellectuelle.

Ce document et l'information qui l'accompagne sont partie intégrante et indissociable de la documentation qui accompagne la Licence d'Utilisation des programmes informatiques de CYPE Ingenieros, S.A.. Par conséquent elle est soumise aux mêmes devoirs et conditions.

N'oubliez pas que vous devrez lire, comprendre et accepter le Contrat de Licence d'Utilisation du software associé à cette documentation avant toute utilisation d'un des composants du produit. Si vous N'ACCEPTÉZ PAS les termes du Contrat de Licence d'Utilisation rendez immédiatement le software et tous les éléments qui l'accompagnent au lieu d'achat afin d'en obtenir le remboursement intégral.

Ce manuel correspond à la version du software dénommé Structures 3D par CYPE Ingenieros, S.A. L'information contenue dans ce document décrit substantiellement les caractéristiques et méthodes d'utilisation du ou des programmes qu'elle accompagne.

L'information contenue dans ce document peut avoir été modifiée postérieurement à l'édition mécanique de ce livre sans avis préalable. Le software associé à ce document peut être soumis à des modifications sans avis préalable.

CYPE Ingenieros, S.A. dispose d'autres services parmi lesquels se trouvent les Mises à Jour, qui vous permettront d'acquérir les dernières versions du software et la documentation qui l'accompagne. Si vous avez des doutes sur les présentes conditions, par rapport au Contrat de Licence d'Utilisation du software, ou si vous souhaitez simplement rentrer en contact avec CYPE Ingenieros, S.A., adressez-vous à votre Distributeur Local Autorisé ou au Service Après-Vente de CYPE Ingenieros, S.A. à l'adresse suivante :

Avda. Eusebio Sempere, 5 · 03003 Alicante (Espagne) · Tel: +34 965 92 25 50 · Fax: +34 965 12 49 50 · www.cype.com

© CYPE Ingenieros, S.A.

Edité et imprimé à Alicante (Espagne)

Windows ® est une marque enregistrée de Microsoft Corporation ®

Présentation	5	1.5.3. Déplacement de l'image à l'écran	35
1. Description du programme	7	1.5.4. Changement de couleur de fond	35
1.1. Fonctions de base	7	1.5.5. Sélection des derniers ouvrages ouverts	35
1.1.1. Comment introduire un nœud	7	1.5.6. Génération automatique des combinaisons d'hypothèses	35
1.1.2. Comment introduire une barre	8	1.5.7. Etats limites	36
1.1.3. Sélection d'éléments	8	1.5.8. Vue 3D	36
1.1.4. Critère d'ordre des nœuds d'une barre	8	1.6. Aides	37
1.1.5. Systèmes de référence	8	1.6.1. Documentation du programme	37
1.1.6. Création de fenêtres avec de nouvelles vues de la structure	10	1.6.2. Guide rapide	38
1.2. Différentes sections de barres	10	1.6.3. Manuels électroniques	38
1.2.1. Barres en acier	10	1.6.4. A propos de...	38
1.2.2. Barres en bois	13	2. Exemple pratique: Dimensionnement d'un hangar métallique	39
1.3. Introduction type d'une structure	15	2.1. Introduction	39
1.3.1. Introduction de la géométrie et de la structure	15	2.2. Données préalables	39
1.3.2. Description des barres et de leurs propriétés	17	2.3. Données de charges	39
1.3.3. Etats de charges et calculs	22	2.4. Géométrie des portiques	40
1.4. Fondation	29	2.5. Introduction des données	40
1.4.1. Plaques d'ancrage	29	2.6. Développement de l'exemple	45
1.4.2. Onglet Fondation	31		
1.5. Options complémentaires	34		
1.5.1. Génération automatique de la structure à partir de fichiers DXF ou DWG	34		
1.5.2. Exportation de listes aux formats TXT, HTML, PDF et RTF, et vue préliminaire	35		

Présentation

Structures 3D est un programme puissant et efficace conçu pour le calcul des structures 3D formées de barres de bois ou d'acier.

Il permet d'obtenir les efforts et déplacements à partir d'un dimensionnement automatique et il possède une base de données des profils laminés, préformés et armés de tous les types possibles. Il calcule toute structure en réalisant toutes les vérifications exigées par la norme.

Grâce à la génération des vues, vous pourrez travailler avec des fenêtres en 2D et en 3D de manière totalement interactive. Vous pourrez également obtenir le redimensionnement de la structure et son optimisation maximale. Les éléments peuvent être cotés sans introduction de coordonnées ni de mailles rigides.

1. Description du programme

1.1. Fonctions de base

Toutes les options de **Structures 3D** peuvent être sélectionnées depuis les menus se trouvant à droite de la fenêtre et depuis les menus déroulants présents dans la partie supérieure de la fenêtre de travail. La figure suivante permet d'observer les deux zones de sélection.

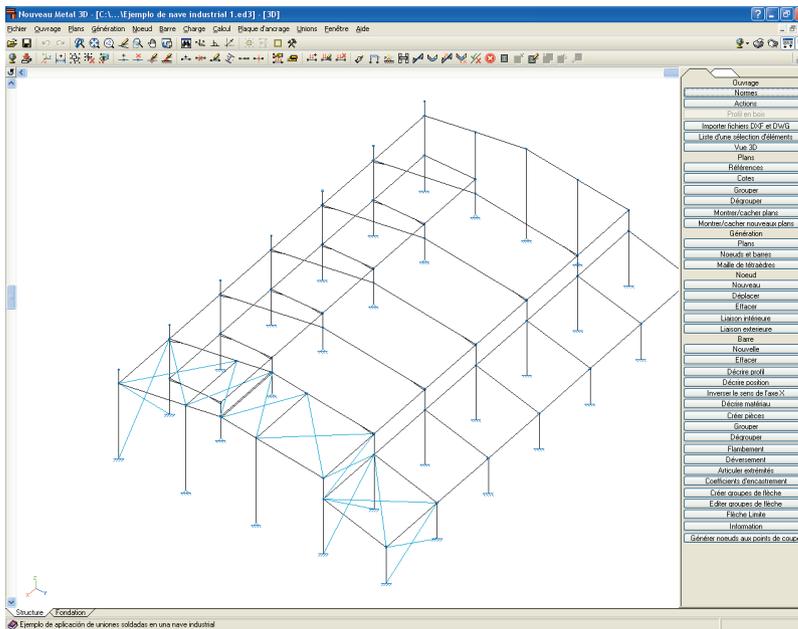


Fig. 1.1

Sélectionner une option dans un menu ou dans l'autre revient au même.

1.1.1. Comment introduire un nœud

Pour introduire un nœud, cliquez sur **Nœud > Nouveau**.

Il existe quatre façons d'introduire un nœud.

1. Par coordonnées. Il suffit d'écrire les coordonnées en utilisant le clavier de votre ordinateur. Entrez la coordonnée de X et appuyez sur \downarrow ; entrez la coordonnée de Y et appuyez sur \downarrow et enfin entrez la coordonnée de Z et appuyez sur \downarrow .

2. En cliquant directement avec la souris.

Lorsque vous travaillez en 3 dimensions, les nœuds peuvent uniquement être introduits sur une des lignes de référence de couleur bleue ou sur une barre. Lorsque vous travaillez en 2 dimensions, les nœuds peuvent être introduits n'importe où dans le plan. S'il n'y a pas de ligne de référence, elle sera créée à ce moment.

3. Capture par DXF ou DWG. Les fichiers DXF ou DWG pouvant être visualisés avec **Structures 3D** ne peuvent posséder que deux dimensions et peuvent uniquement être visualisés dans une fenêtre 2D. Lorsque vous avez à l'écran un fichier DXF ou DWG, vous pouvez introduire un nœud en cliquant avec la souris et en vous aidant des captures. Les nœuds introduits de cette façon n'ont pas besoin d'être cotés puisque le DXF ou DWG l'est déjà.

4. Importation d'un fichier texte, d'un DXF ou d'un DWG. Dans ce cas, le programme traite les informations contenues dans ces fichiers et génère les nœuds et barres en fonction de celles-ci. Ces formats de fichiers seront détaillés plus loin.

1.1.2. Comment introduire une barre

Sélectionnez **Barre > Nouvelle** et suivez les mêmes étapes que pour l'introduction des nœuds.

Prenez en compte qu'une barre possède un nœud initial et un nœud final et que, par conséquent, introduire une barre revient à introduire deux nœuds. Vous pouvez également introduire une barre entre deux nœuds existants.

1.1.3. Sélection d'éléments

Pour la plupart des options, il est nécessaire de sélectionner les différents composants de la structure sur lesquels vous voulez travailler. En général, deux types d'éléments sont différenciés:

1. Éléments de dimension finie. Ce sont les nœuds et les barres. Ils peuvent être sélectionnés de deux façons différentes:
 - En cliquant sur l'élément. Une fois sélectionné, si vous cliquez de nouveau dessus, la sélection du nœud ou de la barre est annulée.
 - En cliquant en un point où il n'y a aucun élément et, sans relâcher le bouton de la souris, en déplaçant le curseur jusqu'à un autre point. De cette façon, vous créez un rectangle autour d'une partie de la structure. Si vous tracez le rectangle de la gauche vers la droite, il apparaîtra en lignes continues et seuls seront sélectionnés les éléments contenus entièrement dans ce rectangle. Si vous tracez le rectangle de la droite vers la gauche, il apparaîtra également en lignes continues mais seront sélectionnés tous les éléments contenus totalement ou partiellement dans ce rectangle. Les éléments sélectionnés se dessineront en orange.
2. Éléments de dimension non finie. Ce sont les lignes de référence, c'est-à-dire les lignes qui apparaissent lors de l'introduction d'un nœud ou d'une barre. Elles sont

de couleur bleu clair. Pour chaque nœud, 3 lignes sont générées selon les trois axes principaux. Si vous sélectionnez une option nécessitant la sélection d'une de ces lignes de référence, elle sera automatiquement sélectionnée lorsque vous cliquerez dessus. Si vous cliquez de nouveau sur elle, la sélection sera annulée. Si vous cliquez à l'intersection de trois lignes de référence, elles seront toutes sélectionnées.

1.1.4. Critère d'ordre des nœuds d'une barre

Lorsqu'une barre est introduite, le programme doit savoir quels sont les nœuds initiaux et finaux. Ces critères n'ont aucun lien avec l'ordre d'introduction des extrémités de la barre.

Le critère d'ordre est le suivant: l'extrémité 1 est celle de plus petite coordonnée en Z. Si la coordonnée en Z est la même pour les deux extrémités, l'extrémité 1 est celle de plus petite coordonnée en Y. Enfin, si les deux extrémités ont également la même coordonnée en Y, l'extrémité 1 est celle de plus petite coordonnée en X.

1.1.5. Systèmes de référence

Il existe quatre systèmes de référence :

- Les axes généraux ou globaux
- Les axes locaux de la barre ou axe x de la barre
- Les axes locaux du plans de la barre ou axe x horizontal
- Les axes locaux de la section

Lorsque l'on parle de 'barre', on fait référence à une ligne immatérielle qui, lorsqu'elle est définie, coïncide avec l'axe longitudinal de la section. La 'section' est un élément matériel qui peut être métallique, en béton, ou de n'importe quel autre matériau décrit dans le programme.

La diversité des systèmes de référence est due au fait que vous travaillez avec un programme permettant d'introduire des données en 3D.

Les trois premiers systèmes sont utilisés pour introduire des charges et le dernier pour la description du flambement et du renversement et pour la consultation des résultats d'une section déterminée.

- **Axes généraux.** Ce sont ceux dessinés dans le coin inférieur gauche de l'écran et qui sont représentés par un trièdre direct.
- **Axes locaux de la barre.** Dans ce cas, l'axe X coïncide avec la direction de la barre.

L'axe Z est perpendiculaire à l'axe X et est contenu dans le plan vertical qui contient l'axe X et qui est parallèle à l'axe Y général.

Pour une barre verticale, c'est-à-dire parallèle à l'axe Z général, pour laquelle il y aurait une infinité de plans verticaux contenant l'axe X général, le plan vertical de référence pour obtenir l'axe local Z est celui qui est parallèle au plan ZY général. L'axe Y est perpendiculaire aux axes locaux X et Z de la barre.

Le sens positif de l'axe local X est défini du nœud 1 vers le nœud 2. Celui de l'axe local Z est toujours dirigé vers le haut, c'est-à-dire que si l'on projette l'axe local Z sur l'axe général Z, tous deux ont le même sens. Pour finir, le sens positif de l'axe Y est celui d'enfoncement d'une vis de l'axe local Z vers l'axe local X en suivant le chemin le plus court.

- **Axes locaux du plan de la barre.** Si la barre est introduite dans une vue 2D, le plan de la barre est précisément cette vue 2D.

Si la barre est introduite dans une vue 3D, le plan de la barre est le plan vertical qui contient la barre et qui est parallèle à l'axe général Z.

En prenant en compte ce qui précède, l'axe local X du plan de la barre est la projection de l'axe local X de la barre sur l'intersection du plan de la barre avec le plan XY général.

L'axe local Z du plan de la barre est la projection de l'axe local Z de la barre sur l'intersection du plan de la barre avec le plan ZY général.

L'axe local Y du plan de la barre coïncide avec l'axe Y local de la barre.

- **Axes locaux de la section.** Ces axes existent à partir du moment où la barre est décrite, c'est-à-dire lorsque le type de barre est défini (HEB, section rectangulaire en béton, etc.). Les axes locaux de la section coïncident avec les axes locaux de la barre, l'unique différence étant que, contrairement aux axes de la barre, les axes de la section tournent avec le profil ou la section.

De manière indicative, les axes généraux sont représentés dans le coin inférieur gauche de l'écran. Les axes locaux de la section apparaissent lorsque l'option **Décrire barre** est sélectionnée et lors de l'introduction des **données de flambement**. Les axes locaux de la barre et du plan de la barre peuvent facilement être déduits des axes locaux de la section.

De plus, pour la majorité des structures, il suffit de savoir quels sont les axes généraux et quels sont les axes locaux de la section, qui sont ceux dessinés.

Pour bien comprendre les deux autres systèmes de référence, lisez attentivement leur description et représentez les vous en trois dimensions.

1.1.6. Création de fenêtres avec de nouvelles vues de la structure

Pour créer de nouvelles fenêtres avec des vues 2D ou 3D, on utilise l'option 'Ouvrir nouvelle' du menu 'Fenêtre' où il est possible de sélectionner une fenêtre parmi les types suivants :

- Vue 2D d'un plan orthogonal aux axes X, Y ou Z. Pour faire apparaître la nouvelle vue, sélectionnez avec le curseur deux lignes de référence coplanaires.
- Vue 2D d'un plan. Pour créer la nouvelle vue, cliquez sur trois nœuds non alignés et contenus dans le plan que vous voulez créer.
- Vue 3D de toute la structure. En cliquant sur accepter, se créera la nouvelle vue 3D de toute la structure.

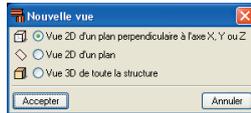


Fig. 1.2

1.2. Différentes sections de barres

1.2.1. Barres en acier

Les barres en acier, éditables ou des séries de l'ouvrage, peuvent être disposées de différentes façons selon leur forme et le matériau utilisé.

Lorsque vous sélectionnez un profil vous pouvez choisir la position et la combinaison avec d'autres éléments.

Vous pouvez indiquer ses caractéristiques dans les options qui apparaissent. Par exemple, si vous sélectionnez un profil en acier laminé, vous pouvez indiquer si le profil est simple, s'il possède des goussets, s'il est double en caisson avec des traverses de liaison, s'il s'agit d'un demi profil, etc.

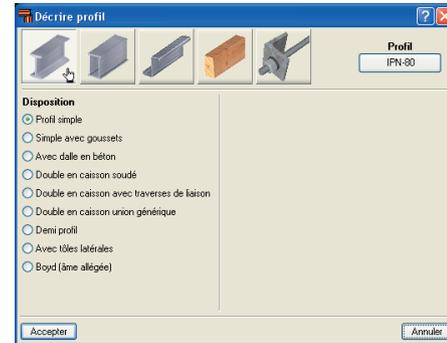


Fig. 1.3

Dans chaque cas, il y aura des options différentes.

Dans le cas d'une jonction soudée, vous pourrez choisir si le cordon de soudure est continu ou discontinu.

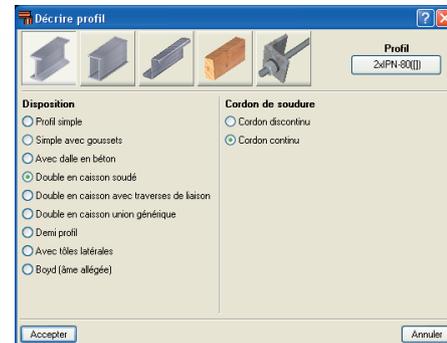


Fig. 1.4

Lorsque la jonction possède plusieurs profils, vous pourrez en plus choisir leur séparation. Si elle se fait avec des traverses de liaison, vous pouvez également indiquer la séparation entre les profils et le type de traverse utilisé. Vous avez le choix du type d'acier des traverses et de la section transversale de la traverse. Vous pouvez également choisir d'introduire vous même la distance entre les traverses ou de la faire calculer par le programme.

La section transversale de la traverse présente deux possibilités:

- **Tôle générique.** Dans ce cas le programme calcule toute la géométrie de la traverse.
- **Série de tôle.** Dans ce cas, le programme utilise la série de profils rectangulaires laminés pour mettre en place une traverse déterminée. Si la bibliothèque utilisée dans l'ouvrage en cours ne possède pas de profils rectangulaires parmi les laminés, le programme vous en avertit lorsqu'il veut utiliser cette option.

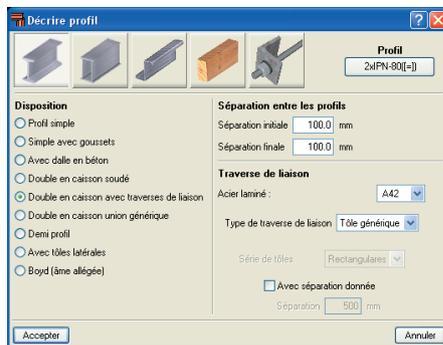


Fig. 1.5

Lorsque la jonction est générique, en plus de la séparation entre les profils, vous devez choisir le type de liaison. Les liaisons peuvent être :

- **Indépendantes.** La pièce est en réalité traitée comme deux profils dont l'un n'est pas considéré lors de la vérification au flambement et à l'élanement.
- **A distance maximale.** Le programme calcule la distance entre ces jonctions génériques pour qu'elles puissent collaborer.
- **A distance donnée.** L'utilisateur indique la distance entre les jonctions.



Fig. 1.6

Dans le cas des goussets, vous pourrez choisir entre initial ou final, supérieur ou inférieur ; etc.

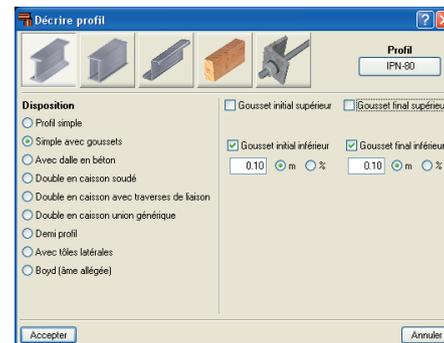


Fig. 1.7

Dans le cas d'une poutre Boyd, vous pourrez sélectionner le type d'alvéole (hexagonal, octogonal ou circulaire), les relations dimensionnelles et le nombre d'alvéoles massives aux extrémités de la poutre.

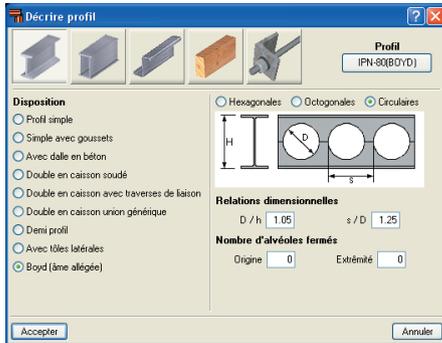


Fig. 1.8

Si vous choisissez un profil avec dalle en béton, vous pourrez introduire la largeur réelle et effective de la dalle, son épaisseur, la distance au profil et vous pourrez activer l'action de composée partielle. Vous pouvez également indiquer le type de béton et le coefficient de fluage.



Fig. 1.9

Par exemple avec le profil en acier armé, vous pouvez seulement choisir 'Profil simple'. Cependant, dans les options vous avez accès à de nombreux profils en série de l'ouvrage ou éditables. Par exemple, si vous sélectionnez un profil en tôle, vous pouvez choisir entre un tube circulaire ou un tube à 6, 8, 10 ou 12 côtés. De plus, vous pouvez

appliquer des diamètres différents dans les parties initiale et finale. De cette façon, vous pouvez introduire des profils troncoconiques circulaires, hexagonaux, octogonaux, décagonaux et dodécagonaux.

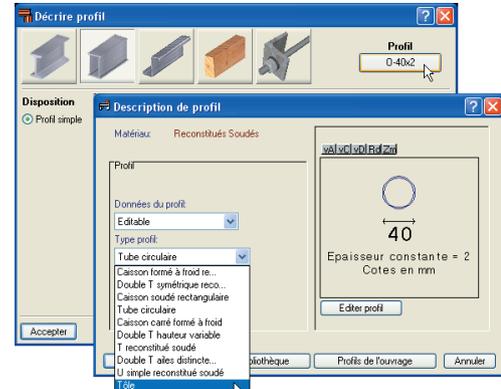


Fig. 1.10

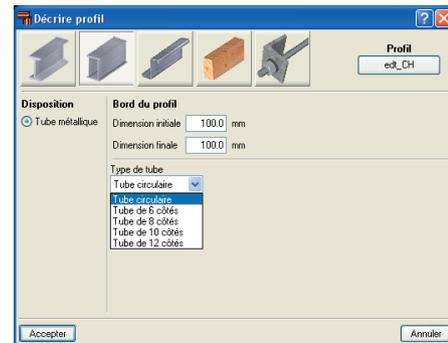


Fig. 1.11

En plus des profils en acier laminé et en acier armé cités précédemment, le programme offre des profils en acier préformé et des tirants possédant eux-mêmes plusieurs options.

L'icône  vous permet d'obtenir des explications sur toutes ces données.

1.2.2. Barres en bois

Les barres en bois peuvent avoir des sections circulaires, carrées et rectangulaires d'épaisseur variables.

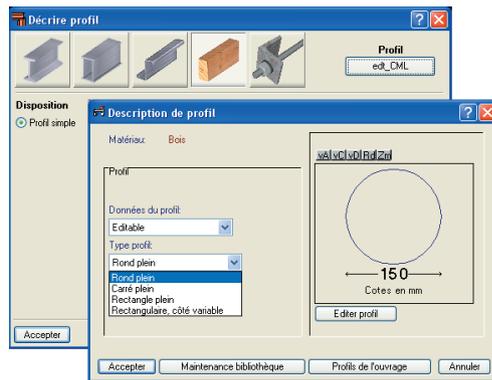


Fig. 1.12

Structures 3D permet de calculer des structures avec des profils en bois, et de réaliser la vérification et le dimensionnement de ceux-ci suivant l'Eurocode 5 (la vérification de résistance au feu étant incluse).

L'introduction de profils en bois se fait de la même manière que pour les profils en acier, en utilisant le menu Barre > Décrire profil. Une bibliothèque de profils en bois contenant les dimensions les plus courantes a été incluse. Son fonctionnement est analogue à celui des profils métalliques, il est donc possible de personnaliser la bibliothèque proportionnée ou d'en créer de nouvelles.



Fig. 1.13

Les matériaux formant la structure doivent être assignés à l'une des classes de service suivantes, en fonction des conditions ambiantes prévues :

- Classe de service 1 : Elle est caractérisée par une humidité des matériaux correspondant à une température de 20°C, et une humidité relative de l'air n'excédant les 65% que quelques semaines dans l'année.
- Classe de service 2 : Elle est caractérisée par une humidité dans les matériaux correspondant à 20°C avec une humidité relative de l'air n'excédant les 85% que quelques semaines à l'année.
- Classe de service 3 : Conditions climatiques conduisant à des taux en humidité supérieurs à ceux de la classe 2.

La classe de service vous est demandée lors de l'acceptation d'un profil en bois dans le menu Barre > Décrire Profil. Cette même fenêtre est accessible via le menu Ouvrage > Profil en bois. Dans ce dialogue, vous pouvez également activer l'option 'Vérifier la résistance au feu', qui permet de vérifier la structure en situation d'incendie selon les critères de l'Eurocode 5, partie 1-2. Le calcul est réalisé selon la méthode de la section réduite, en vérifiant la capacité de

charge de chaque élément avec une section efficace, laquelle est obtenue en déduisant la profondeur efficace de carbonisation de la section initiale.



Fig. 1.14

La profondeur efficace de carbonisation est déterminée en fonction de la vitesse de carbonisation du bois pour le Temps de résistance requis, en prenant en compte la protection des surfaces (protégées par des planches dérivées du bois ou de carton plâtre) et pour le temps d'erreur de la protection, au cas où celle-ci existe.

La vérification, comme le dimensionnement des profils en bois est réalisé de manière analogue à celle des profils métalliques. Une fois les efforts calculés (menu Calcul > Calculer), les profils ne vérifiant pas une des conditions requises par la norme apparaissent en rouge si vous sélectionnez l'option Calcul > Vérifier Barre. Si vous sélectionnez une des barres, tous les profils de la série apparaîtront, en indiquant pour chacun d'eux s'il convient ou non. Dans le cas où l'option 'Vérifier la résistance au feu' est activée, la vérification en situation d'incendie sera uniquement réalisée si le profil vérifie toutes les conditions requises en situation normale.

Il est également possible de connaître le degré d'utilisation de chaque profil en le sélectionnant après avoir activé l'option 'Calcul > Enveloppe maximale > Contrainte'. La valeur numérique indique la relation maximale entre sollicitation et résistance, elle sera donc toujours inférieure à 1 lorsque le profil vérifiera les conditions. Si la vérification de résistance au feu est activée, le texte 'Profil incorrect, ne vérifie pas la résistance au feu' apparaîtra lorsque toutes les conditions sont vérifiées sauf celles en situation d'in-

cendie. Si au contraire, le profil vérifie toutes les conditions y compris celle de la résistance au feu, le degré d'utilisation apparaissant est celui correspondant à la situation normale.

Dans le calcul en situation d'incendie, les variations possibles de longueurs des pièces dues à des dilatations thermiques ne sont pas considérées.

Les profils en bois doivent être assignés à l'une des classes résistantes en fonction de leurs propriétés mécaniques, de façon à garantir que les valeurs des propriétés du bois ainsi classifié sont supérieures ou égales à celles correspondantes à la Classe Résistante assignée. Les types de bois et les classes résistantes correspondantes considérées dans le programme sont celles présentes dans les normes UNE EN 338 et UNE EN 1194 respectivement pour le bois massif et laminé :

- Bois scié. Conifères et peupliers.
Classes résistantes : C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 et C50.
- Bois scié. Espèce touffue.
Classes résistantes : D30, D35, D40, D50, D60 et D70.
- Bois laminé collé homogène.
Classe résistante GL24h, GL28h, GL32h et GL36h.
- Bois laminé collé combiné.
Classe résistante : GL24c, GL28c, GL32c et GL36c.

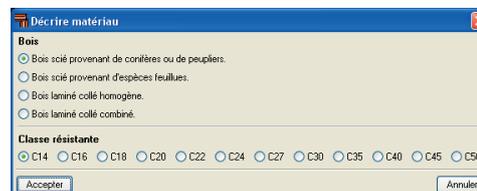


Fig. 1.15

La sélection du type de bois de chaque barre et sa classe résistante se fait dans le menu Barre > Décrire matériau. Les propriétés du matériau nécessaires pour le calcul des efforts, tout comme la résistance à la traction, compression, flexion et effort tranchant pour la vérification des profils sont assignées de façon automatique en fonction de la sélection réalisée.

1.3. Introduction type d'une structure

L'introduction d'une structure 3D se définit en 3 phrases:

- Introduction de la géométrie et de la structure
- Description des barres, des nœuds et de leurs propriétés
- Définition des états de charge auxquels est soumise la structure.

1.3.1. Introduction de la géométrie et de la structure

Il y a deux façons d'introduire la géométrie : via l'importation d'un fichier DXF/DWG avec le dessin de la structure en 3D et ses coordonnées correctes ou par introduction manuelle de la structure à l'aide des outils de dessin implémentés pour faciliter l'entrée des données.

Introduction de données via l'importation de fichiers DXF et DWG

Dans le menu Ouvrage, se trouve l'option Importer fichiers DXF et DWG, où est indiqué le fichier à importer. Une fois lu, dans la fenêtre 'sélection d'entités', vous devez indiquer les couches ou entités à importer. A mesure que les couches ou entités sont sélectionnées, vous pouvez observer, dans la zone graphique de la fenêtre, la façon dont se dessinent les éléments en bleu.

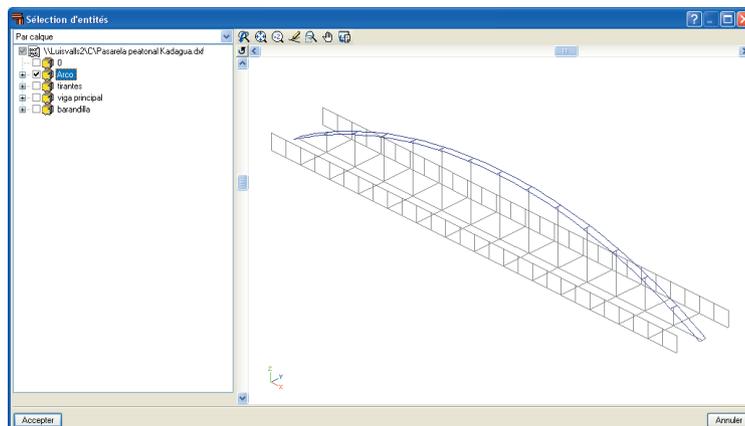


Fig. 1.16

De cette manière, la géométrie de la structure est rapidement introduite, laissant seulement en suspens la description des nœuds et des barres, leurs attributs et les charges. Ces thèmes seront vus plus loin.

Introduction de données manuellement

Dans les vues 3D, seule l'introduction de nœuds ou de barres en coordonnées connues sera possible, pour cela, vous devrez capturer les lignes de référence d'autres nœuds ou barres déjà introduits. Pour faciliter cette tâche, le programme dispose des options suivantes:

- Forcer curseur. En activant cette option, le mouvement du curseur est forcé dans l'intervalle de points défini dans l'option 'incrément' en ignorant les poursuites.
- Répéter la dernière sélection. Avec cette option, vous répétez la sélection de nœuds, barres ou charges que vous aviez réalisé précédemment.
- Référence aux objets. De même que pour les captures d'un fichier DXF/DWG, cette option permet d'activer les captures sur les objets du programme (nœuds et barres). Vous pouvez également configurer des pour-

suites, par exemple, avec la case 'Prolongation' activée, la prolongation d'une barre est capturée lorsque l'on s'approche d'elle avec le curseur, en dessinant une ligne discontinue.

- Configuration. Avec cette option, vous pouvez configurer de la taille du curseur de capture jusqu'à la cotation avec laquelle il est possible d'indiquer que vous sollicitez ou non la cote lorsque vous introduisez un nouveau nœud ou une nouvelle barre.

Si, lors de l'introduction d'une barre, l'option 'Editer la cote' (Onglet 'cotation' de la fenêtre 'configuration'  présente dans la barre d'outils) est activée, le programme affichera avec le fond de couleur sélectionné, la longueur et l'angle par rapport au point précédent lorsqu'il s'agira d'un point non défini. En cliquant sur le second point avec la souris, apparaît une fenêtre dans laquelle est demandée la confirmation des données, et qui permet également leur modification.

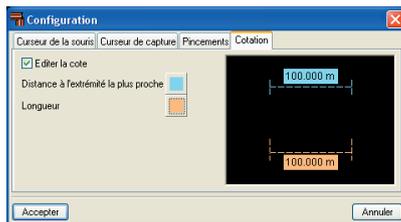


Fig. 1.17

Pour cela, dans la partie supérieure du dialogue, il y a une série de boutons avec lesquels il est possible de définir d'autres données. Par exemple, il est possible d'introduire la distance en X et en Y, au lieu de la longueur et de l'angle.

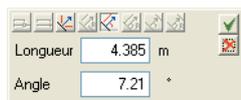


Fig. 1.18

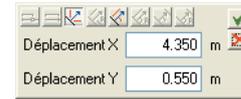


Fig. 1.19

Selon le plan dans lequel vous travaillez, les boutons activés seront différents. Dans le cas où vous capturez une barre existante, le programme demandera la distance au nœud le plus proche du point capturé de la barre.

Si, lors de l'introduction d'une barre, un point connu est capturé en bougeant le curseur, la couleur de fond est éliminée, ce qui indique qu'aucune cote ne sera demandée, étant donné que les coordonnées du point sont déjà définies. Cela n'arrivera que si l'option 'Editer la cotation' est désactivée, ce qui implique d'employer par la suite l'option 'cotation générique' de l'option 'ajouter' présente dans le menu Plans > cotes.



Fig. 1.20

Une option devant être prise en compte lors de l'introduction d'une structure est 'Générer nœuds aux points de coupe'. Une fois cette option, qui se trouve dans le menu barre, activée, des nœuds sont générés aux intersections des barres. Si cette option est désactivée, les barres se croiseront sans générer aucune articulation entre elles.

Options du menu plan

• Cotes

Une fois les barres et nœuds introduits, il est possible de modifier leurs cotes via cette option. Pour cela, introduisez la distance entre les points et sélectionnez 'cotation générique'.

rique'. Cliquez sur 'accepter' puis sur les lignes ou points entre lesquel(le)s vous désirez assigner la cote.

Une fois l'option 'cote' activée, s'ouvre une fenêtre avec les options suivantes :

- Ajouter cotes. S'utilise pour coter la structure.
- Effacer cotes. Efface les cotes incorrectes. Le même procédé que pour la cotation est utilisé : sélectionnez les deux lignes de référence de la cote à effacer.
- Montrer cotes. Affiche les cotes précédemment occultées.
- Occulter cotes. Avec cette option, il est possible de désactiver les cotes que vous ne désirez pas voir dans les plans. Le même procédé que pour la cotation est utilisé : sélectionnez les deux lignes de référence de la cote à cacher, qui se dessinera en gris.



Fig. 1.21

- **Référence et occultation des plans**

Ces deux options se trouvent dans le menu 'plan' et sont utilisées pour cacher, dans le cas de références, ou éliminer, dans le cas 'd'occultation de plans', les lignes de référence.

La différence est que l'option 'Références' désactive ou active toutes les lignes de référence de la structure sans faire apparaître le dialogue de configuration. Au contraire, 'Montrer/Cacher plans' le fait seulement pour les nœuds sélectionnés par la suite.

- **Visibilité des nouveaux plans**

Avec cette option, il est spécifié que les lignes de référence sont générées lors de l'introduction de nouveaux nœuds dans la structure. Elles peuvent être montrées avec l'option 'Montrer/Cacher plans'.

- **Grouper**

S'utilise dans le cas de l'existence de parties égales de la structure contenues dans des plans parallèles à ceux orthogonaux. Avec cette option, il est possible de grouper des plans avec leurs caractéristiques de façon à ce que, lorsqu'une modification est effectuée, elle soit également réalisée sur le reste des plans groupés.

Pour grouper des plans, dans la fenêtre 'plans', sélectionnez le type de plan à grouper (XY,XZ,YZ), et sélectionnez les nœuds par lesquels passent les plans appartenant à un groupe puis cliquez droit pour grouper les plans, auxquels un numéro sera assigné.

- **Dégrouper**

Pour dégroupier les plans, sélectionnez dans la fenêtre 'plans' le type de plan à dégroupier (XY,XZ,YZ), et sélectionnez les nœuds par lesquels passent les plans que vous désirez dégroupier.

1.3.2. Description des barres et de leurs propriétés

Une fois la géométrie de la structure introduite, on procède à la description des barres puis à celle des nœuds.

Décrire profil

Vous trouverez cette option dans le menu 'barre', avec celle-ci vous pouvez spécifier le type de profil des barres sélectionnées précédemment. Pour cela, ouvrez une fenêtre de sélection avec la souris ou sélectionnez les barres une à une : lorsque vous approchez le curseur d'une barre, celle-ci devient bleue, si vous cliquez gauche avec la souris, elle sera sélectionnée pour être décrite.

Dans la fenêtre 'Décrire profil' qui s'ouvre en cliquant droit après avoir sélectionné une ou plusieurs barres, vous pouvez choisir des profils laminés, armé, préformés ou des sections de bois. Pour chacun d'entre eux, le profil est sé-

lectionné en cliquant sur le bouton correspondant et un dialogue dans lequel peut être choisie la série de profils et le profil de la série apparaît. Ce dialogue accepté, la disposition du profil sélectionné parmi ceux disponibles dans la fenêtre 'Décrire profil' est indiqué.

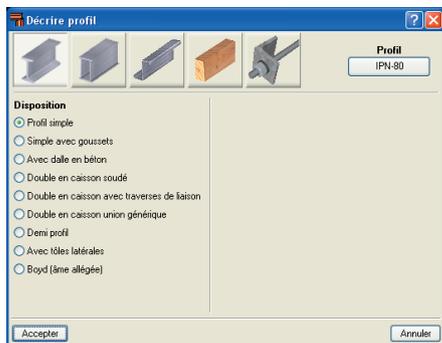


Fig. 1.22

Décrire position

Cette option est située dans le menu 'barre' ; une fois activée, la fenêtre 'Décrire position', dans laquelle il est possible de choisir l'angle du profil et sa position par rapport à l'axe de la barre, s'ouvre.

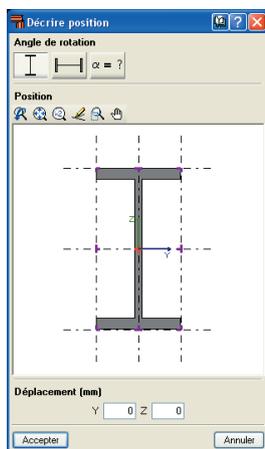


Fig. 1.23

La définition de l'angle du profil peut se faire dans les axes locaux de la barre, ou via l'option permettant de calculer l'angle de rotation par rapport au plan de la fenêtre active.

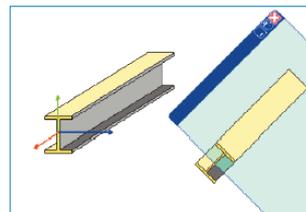


Fig. 1.24

Avec l'option 'Décrire Position', il est possible de définir le déplacement de l'axe de la barre par rapport à la ligne de définition de la barre. Les excentricités permettent de mieux ajuster le modèle de calcul au comportement réel de la structure, étant donné que le programme prend en compte les déplacements introduits lorsqu'il calcule les matrices de raideur des différents éléments. Pour appliquer un changement de position de l'axe, cliquez sur l'un des neuf points du dessin du profil (coins, points milieu d'une face ou de l'axe du profil), en cliquant sur un point, vous pourrez observer le déplacement des axes vers le point sélectionné, auquel peut être appliqué un déplacement en Y et Z. Une fois la fenêtre acceptée, le profil déplacé se dessinera par rapport à la ligne de définition ; se dessinera également une ligne trait-point-trait de l'axe du profil pour faciliter la localisation des barres auxquelles a été appliqué un changement de position.

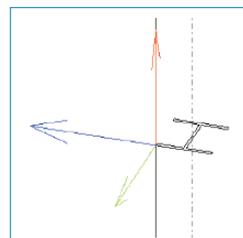


Fig. 1.25

Pour l'interprétation correcte des résultats donnés par le programme, il est très important de prendre en compte que, bien que le profil se déplace, les conditions de contour (conditions aux appuis, réactions, déplacements imposés, etc.) sont appliquées sur les nœuds situés dans l'axe d'introduction, comme le montre le schéma ci-joint. De plus, les efforts continuent à être représentés sur l'axe d'introduction, bien qu'ils correspondent au centre de gravité des sections des profils.

Inverser le sens de l'axe de la barre

En cliquant sur une barre avec cette option activée, la direction de l'axe local X de la barre est inversée. Vous pouvez de cette manière obtenir des dispositions symétriques dans la structure à partir de profils non symétriques, tels que les profils en Z ou en L.

Le changement de l'axe du profil inverse l'origine et la fin de la barre. Dans le cas où sont décrits des coefficients d'encastrement ou dans celui où des charges sont introduites, le programme modifiera automatiquement les données introduites afin qu'elles ne souffrent d'aucune altération due au changement d'axe.

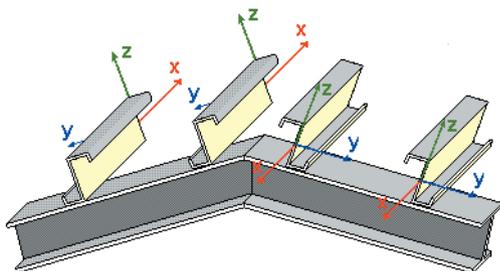


Fig. 1.26

Décrire matériau

Une fois les profils décrits, la même chose doit être réalisée avec le matériau de chaque barre formant la structure.

Créer pièce

Cette option s'utilise dans le cas de plusieurs barres alignées que l'on souhaite voir se comporter comme une barre unique.

Pour cela, sélectionnez le premier nœud de la première barre puis le second de la dernière barre que forme la pièce.

Grouper

Cette option permet d'égaliser à la supérieure deux barres qui, après le dimensionnement, seraient différentes du fait des sollicitations. De cette façon, la structure est homogénéisée.

Cliquez avec le bouton gauche de la souris sur les barres que vous souhaitez grouper et, une fois sélectionnées, cliquez avec le bouton droit pour qu'elles restent groupées. Pour ajouter une barre à un groupement de barres, sélectionnez une barre de ce groupe puis la barre que vous souhaitez ajouter.

Dégrouper

Annule l'option 'Grouper' en séparant les barres groupées.

Flambement

Sert à l'assignation aux barres des coefficients β modifiant les longueurs de flambement de celles-ci. Cela peut être fait manuellement en sélectionnant le coefficient selon chaque plan de flambement ou bien via l'option 'Calcul approximatif des longueurs de flambement'.



Fig. 1.27

Déversement

Cette option active la vérification du déversement de l'aile supérieure, inférieure ou des deux, ce qui permet d'introduire le coefficient β de flambement.

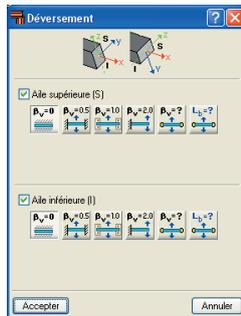


Fig. 1.28

Coefficients d'encastrement

Les coefficients d'encastrement peuvent être modifiés selon les plans XY et XZ.



Fig. 1.29

Créer groupe de flèche

Dans le programme, des groupes de flèche sont créés automatiquement dans chacune des pièces. Dans le cas où vous voulez les modifier ou en créer un nouveau, cliquez sur le nœud d'origine et sur le nœud final du groupe.

Avec cette option, vous pouvez spécifier si la flèche est sécante (option par défaut) ou si elle est tangente au nœud origine ou final.

- Editer groupe de flèche
- Flèche limite

Cette option permet d'assigner à une pièce les limites de flèche afin que, lors de la vérification, vous sachiez si elle convient ou non.



Fig. 1.30

Information

Cette option affiche sous forme de liste les données des barres sélectionnées ainsi que le pourcentage d'utilisation à la tension et en flèche.

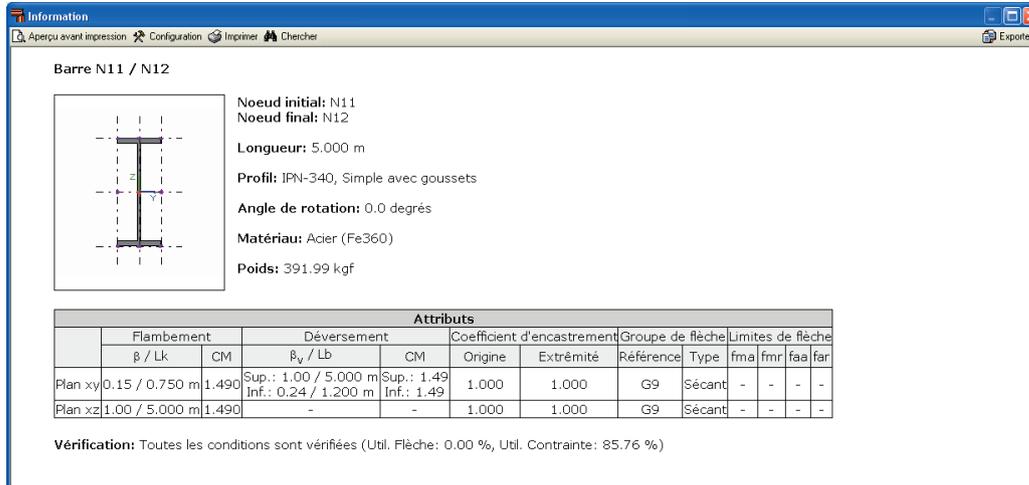


Fig. 1.31

Description des nœuds

Une fois les barres décrites, l'étape suivante est la description des nœuds. Lors de l'introduction d'un nœud ou d'une liaison dans le programme, celui-ci est par défaut décrit comme 'encastré'. Dans le cas où les articulations des degrés de liberté des nœuds ou des liaisons sont modifiées, vous devez utiliser les options 'Liaison intérieure' et 'Liaison extérieure' se trouvant dans le menu 'Nœud'.

Liaison intérieure

Cette option permet de définir l'encastrement ou l'articulation des barres arrivant au nœud.



Fig. 1.32

Liaison extérieure

Cette option permet de définir le degré d'encastrement et d'articulation des barres arrivant aux liaisons extérieures, telles que par exemple aux liaisons introduites dans l'entrée des poutres de **CYPECAD**.

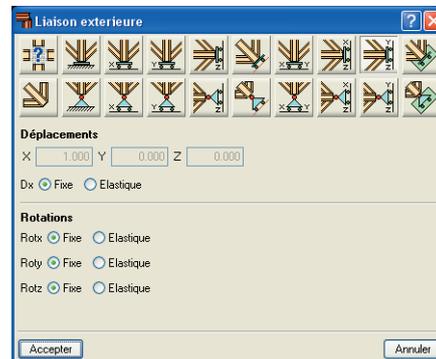


Fig. 1.33

En activant une des cases, le degré de liberté sélectionné dans la structure 3D sera articulé avec l'extérieur.

1.3.3. Etats de charges et calculs

Les hypothèses de charge sont définies avec l'option 'Hypothèses additionnelles' du dialogue 'Actions' du menu 'Ouvrage'. Une fois les charges définies, vous avez accès aux options du menu 'Charge'.

Pour faciliter le travail, les gestions de charges sur les nœuds et sur les barres ont été séparées.

Hypothèse vue

Un menu déroulant vous permet de sélectionner l'hypothèse de charge de la structure que vous désirez visualiser. Vous pouvez également opter pour les voir toutes.



Fig. 1.34

Echelles

Permet d'assigner différentes échelles aux charges, aussi bien par hypothèse que par type de typologie (ponctuel, uniforme,...).

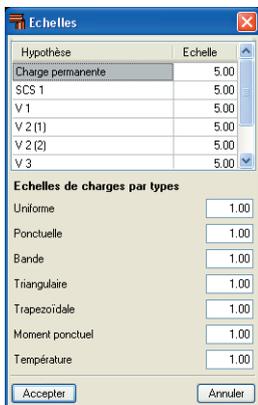


Fig. 1.35

Introduire charges sur barres

Sélectionnez les barres sur lesquelles vous voulez assigner une même charge puis cliquez droit avec la souris pour faire apparaître la fenêtre de sélection de l'hypothèse de charge, du type de charge (ponctuel, linéaire, en bande,...) sa valeur et son angle. Vous pourrez également choisir de la définir sur les axes globaux ou locaux.

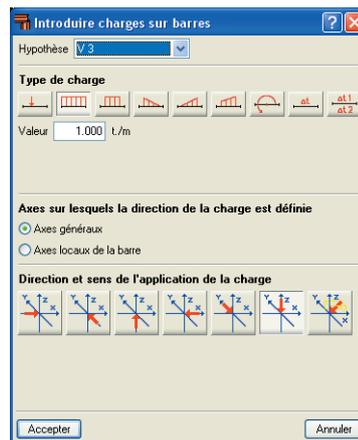


Fig. 1.36

Introduire charge sur nœuds

De même que pour l'option précédente, vous devez indiquer à quelle hypothèse de charge vous assignez la valeur de la charge ponctuelle et l'angle.

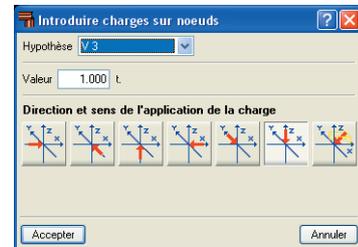


Fig. 1.37

Une fois les charges introduites, vous pouvez les modifier ou les effacer avec les options 'Editer' et 'Effacer'.

Le menu calcul vous permet ensuite de :

Calculer

Cette option permet de réaliser un calcul de la structure, elle possède plusieurs sous options :

- Ne pas dimensionner les profils. Permet un calcul rapide des efforts de la structure isolée sans changement des profils introduits.
- Dimensionnement rapide des profils. Dimensionne les profils de la structure avec les efforts actuels en augmentant les sections de ceux qui ne sont pas valides.
- Dimensionnement optimal des profils. Dimensionne les profils avec les efforts actuels en utilisant le premier profil valide. Cette option est plus lente que la précédente mais permet d'obtenir le profil juste nécessaire.

Les options de dimensionnement peuvent être réalisées en utilisant tous les profils de la série ou uniquement ceux supérieurs à celui considéré.



Fig. 1.38

Vérifier les barres

En activant cette option, les barres ne vérifiant pas toutes les conditions se dessinent en rouge. Si vous cliquez avec la souris sur l'une d'entre elles, vous ouvrez une fenêtre dans laquelle vous pouvez voir toute la série de profils, leur poids par mètre linéaire et la description des erreurs des profils s'il y en a.

Dans cette fenêtre le profil de la barre sélectionné est surligné en bleu ; pour changer le profil, double cliquez sur un autre, qui se surlignera en bleu.

Nom	Poids (kg/m)	Texte de vérification
IPN-80, Profil simple	5.95	L'écartement n'est pas respecté
IPN-100, Profil simple	8.32	La contrainte n'est pas respectée
IPN-120, Profil simple	11.15	La contrainte n'est pas respectée
IPN-140, Profil simple	14.37	La contrainte n'est pas respectée
IPN-160, Profil simple	17.90	La contrainte n'est pas respectée
IPN-180, Profil simple	21.90	La contrainte n'est pas respectée
IPN-200, Profil simple	26.30	La contrainte n'est pas respectée
IPN-220, Profil simple	31.09	La contrainte n'est pas respectée
IPN-240, Profil simple	36.19	La contrainte n'est pas respectée
IPN-260, Profil simple	41.92	Toutes les conditions sont vérifiées
IPN-280, Profil simple	47.96	Toutes les conditions sont vérifiées

Signification des icônes
 ⚠ Elément qui ne valide pas une vérification.
 ✅ Elément qui valide toutes les vérifications.

Fig. 1.39

Déplacements

Cette option permet de consulter les déplacements des nœuds des barres sélectionnées, avec la possibilité de choisir l'hypothèse, la combinaison ou l'enveloppe de combinaisons.

En cliquant sur une barre, apparaissent les déplacements initial et final des nœuds sélectionnés, pour les désactiver, cliquez avec le bouton droit de la souris.

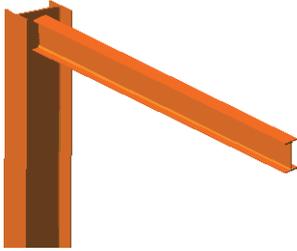


Fig. 1.40

Réactions

Cette option permet de consulter les réactions aux liaisons avec l'extérieur. Vous pouvez choisir l'hypothèse, la combinaison ou l'enveloppe de combinaisons. Le fonctionnement est similaire à celui de l'option précédente. Cliquez sur les liaisons dont vous souhaitez voir les réactions.

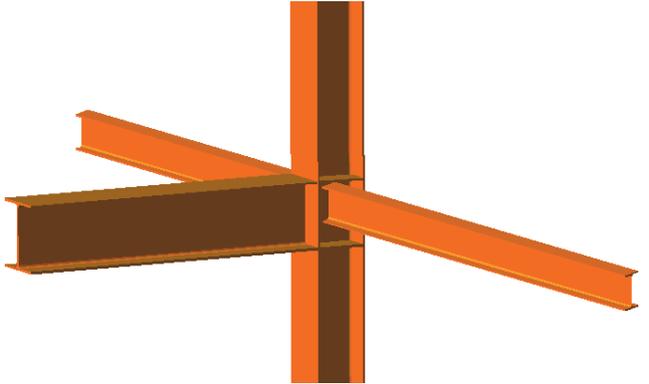


Fig. 1.41

Traverses de liaison

Avec cette option, les traverses dimensionnées pour chaque barre sont affichées.

Diagrammes

Cette option permet de voir le graphique des lois des efforts, de la flèche et de la déformée des barres.

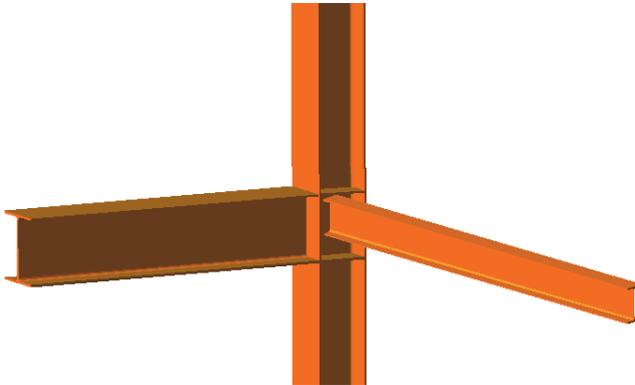


Fig. 1.42

Diagrammes en un point

Cette option permet de consulter les efforts et la flèche des barres.

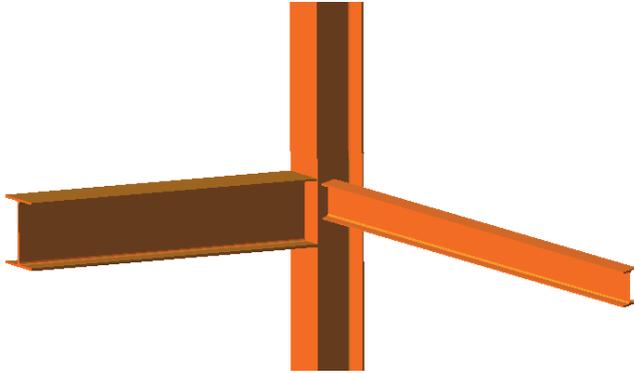


Fig. 1.43

Enveloppes en un point

Permet de consulter les enveloppes des efforts, de la flèche et des contraintes ou coefficients d'utilisation des barres.

D'autre part, dans le menu 'Ouvrage', se trouve l'option 'Liste d'une sélection d'éléments'. Avec cette option, vous pouvez sélectionner des barres et nœuds pour réaliser une liste personnalisée de ces éléments.

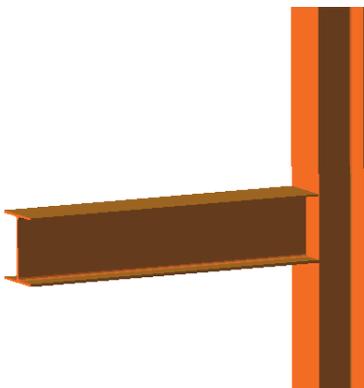


Fig. 1.44

1.4. Fondation

1.4.1. Plaques d'ancrage

Matériaux : vous devez sélectionner le type d'acier des boulons et de la plaque d'ancrage ainsi que le type de béton.

Options : vous devez sélectionner l'épaisseur du béton de nivellement (cette épaisseur affectera seulement la longueur de l'ancrage de boulons, étant donné que la partie du boulon coulée dans le mortier de nivellement n'est pas considérée comme faisant partie de la longueur d'ancrage), et le recouvrement des boulons ou distance minimale de la face supérieure de la semelle du boulon. Vous pouvez également accéder aux Options de Calcul, où figurent des paramètres relatifs aux plaques d'ancrage.

Générer : Apparaît lorsqu'il n'y a aucune plaque d'ancrage introduite et permet de générer toutes les plaques d'ancrages à l'amorce des piliers métalliques.

Effacer : Permet d'effacer une plaque d'ancrage introduite précédemment.

Editer : Permet de calculer la plaque d'ancrage automatiquement ou de la vérifier avec des spécifications propres à l'utilisateur.

- **Plaque de base.** Si vous voulez vérifier une plaque avec des dimensions déterminées ou modifier celle calculée par le programme, cette option vous permet d'introduire/modifier ces dimensions.
- **Disposition.** Permet de changer la position du centre de la plaque d'ancrage par rapport à l'axe du profil. Les données introduites ici seront considérées lors du dimensionnement automatique de la plaque.
 - **Centré :** C'est l'option par défaut où l'axe du profil et le centre de la plaque coïncident.
 - **Par coordonnées :** la distance du centre de la plaque est introduite par rapport à l'axe du profil.

- **Par débord initial :** De cette façon, la face extérieure de la plaque est ajustée à la face initiale du profil avec un retrait de 0 ou selon la valeur spécifiée dans le champ 'débord'.
- **Par débord final :** De cette façon, la face extérieure de la plaque est ajustée à la face finale du profil avec un retrait de 0 ou selon la valeur spécifiée dans le champ 'débord'.
- **Raidisseurs.** Cette option vous permet d'introduire des raidisseurs ou d'éditer les calculs par le programme.
- **Boulons.** Cette option vous permet d'introduire des boulons ou d'éditer les calculs par le programme.
 - **Ancrage béton :** vous pouvez indiquer le type d'ancrage des boulons dans le béton. Si vous choisissez un acier lisse pour les boulons, vous pourrez uniquement opter pour un ancrage avec crochet à 180°. Si vous choisissez un acier de haute adhérence, vous pourrez choisir entre un ancrage droit et un ancrage en coude à 90°.
 - **Ancrage plaque :** vous pouvez choisir le type d'union entre les boulons et la plaque de base, en indiquant si les boulons sont soudés avec préparation des bords ou fixés avec rondelle et écrou simple.
 - **Diamètre :** Permet de sélectionner le diamètre des boulons.
 - **En coin :** quatre boulons sont mis en place aux coins de la plaque à la distance de bord spécifiée.
 - **Nombre de boulons en x :** total des boulons situés sur les deux faces x de la plaque.
 - **Nombre de boulons en y :** total des boulons situés sur les deux faces y de la plaque.
 - **Distance au bord des boulons :** Situation de l'axe du boulon au bord de la plaque. N'oubliez pas que la norme de calcul utilisée établira une distance minimale devant être vérifiée.

Egaliser : Permet de sélectionner une plaque et de l'assigner aux autres afin d'uniformiser les résultats.

Dimensionner : Calcule et dimensionne simultanément la fondation pour semelles, pieux et plaques d'ancrage. Dans le cas d'erreurs ou d'avis durant le dimensionnement de quelques éléments, le programme vous en avertira au moment de l'exécution de l'option concernée.

Vérifier : Une fois le dimensionnement effectué, si vous sélectionnez cette option, les plaques d'ancrage ne vérifiant pas toutes les conditions apparaissent en rouge : en cliquant sur l'une d'entre elles, vous verrez apparaître la fenêtre de vérification des plaques vous avertissant des erreurs produites lors du dimensionnement et des vérifications non satisfaites.

1.4.2. Onglet Fondation

Données générales et **Options** du menu **Ouvrage** : Permet de choisir le type de béton et d'acier pour la semelle ou semelle sur pieux et le niveau de contrôle de ce matériau. Vous pouvez également modifier les recouvrements géométriques (à face d'armature), la taille du plus gros granulats (pour vérifier la séparation des barres), l'épaisseur de béton de propreté, la contrainte admissible du terrain (vérification de contrainte sur le terrain). Vous pouvez également modifier les options de calcul et les tableaux d'armature.

Tables d'armatures : Les tables d'armatures fonctionnent de manière à pouvoir calculer l'ouvrage avec la table installée dans le programme (Table prédéfinie), avec une bibliothèque particulière de l'utilisateur (Table de Bibliothèque) ou avec une table exclusive pour l'ouvrage et qui s'enregistre avec lui (Table Spéciale). L'ouvrage est calculé avec la sélection (indiquée par un point sur sa gauche) de l'une des trois options suivantes.

Table prédéfinie

C'est la table installée avec le programme dans votre disque dur. Elle ne peut être ni effacée ni modifiée directement. Vous pouvez la consulter en cliquant sur l'option 'Table Spéciale' puis sur 'Editer Table'.

- Bouton avec le nom de la table prédéfinie. Dans le cas où il y a plusieurs tables prédéfinies, vous pouvez cliquer et réaliser la sélection.
- Exporter la table prédéfinie vers la bibliothèque. Si vous désirez modifier la table prédéfinie, utilisez cette option, laquelle crée une copie de la table dans la bibliothèque que vous pourrez modifier si vous le souhaitez. Il vous sera demandé un nom pour la nouvelle table.

Table de bibliothèque

Ce sont les tables créées par l'utilisateur, qui sont disponibles pour l'ouvrage actuel comme pour les ouvrages antérieurs et futurs.

- Bouton avec le nom de la table de bibliothèque. Dans le cas où il y a plusieurs tables de bibliothèque, la sélection peut être réalisée ici.
- Editer les tables de bibliothèque. Accédez au dialogue 'Edition de Bibliothèque'. Dans cette fenêtre, vous pouvez créer de nouvelles tables, effacer ou dupliquer celles existantes ou éditer n'importe quelle table de la bibliothèque. Lors de l'édition d'une table, vous pouvez ajouter des niveaux d'armature, etc. Le bouton 'Importer anciennes tables' n'apparaît que dans le cas où il existe des tables d'armature de versions antérieures. Cette option vous permet d'importer ces tables dans la bibliothèque. Si vous le faites, il vous sera demandé après l'importation si vous souhaitez éliminer la table ayant l'ancien format.

Table spéciale

C'est la table exclusive de l'ouvrage en cours. Ce bouton duplique la table d'armature (prédéfinie ou de la bibliothèque) sélectionnée précédemment.

- Editer table. Permet d'éditer la table spéciale.
- Exporter la table spéciale vers la bibliothèque. La table spéciale est exclusive de l'ouvrage en cours, bien que vous pourrez l'exporter vers la bibliothèque si vous souhaitez l'utiliser dans d'autres ouvrages. Si vous faites cela, il vous sera demandé le nouveau nom de la table.

Si vous créez un type d'élément et que vous souhaitez l'utiliser pour d'autres ouvrages (par exemple, une table de pieux), vous devrez l'exporter via l'option 'Exporter vers bibliothèque'. Vous pourrez ensuite utiliser dans d'autres ouvrages l'option inverse 'Importer de la bibliothèque'. Une autre option est 'Editer bibliothèque', laquelle permet la création, modification, etc., des éléments dans la bibliothèque générale.

Editer : Permet de calculer et dimensionner la semelle ou semelle sur pieux automatiquement ou de la vérifier avec des spécifications propres à l'utilisateur.

Type de semelle (béton armé ou massif) :

- Carrée
- Rectangulaire centrée
- Rectangulaire excentrée
- Carrée pyramidale
- Rectangulaire centrée pyramidale
- Rectangulaire excentrée pyramidale

Types de semelles sur pieux :

- Semelle sur 1 pieu
- Semelle sur 2 pieux

- Semelle sur 3 pieux
- Semelle sur 4 pieux
- Semelle sur pieux linéaire (nombre de pieux à choisir, 3 par défaut)
- Semelle rectangulaire sur pieux (nombre de pieux à choisir, 9 par défaut)
- Semelle rectangulaire sur 5 pieux
- Semelle pentagonale sur 5 pieux
- Semelle pentagonale sur 6 pieux
- Semelle hexagonale sur 6 pieux
- Semelle hexagonale sur 7 pieux

Matériaux :

Permet de modifier les caractéristiques des matériaux et de la contrainte admissible du terrain assignés dans les Données Générales.

Pieux (seulement pour les semelles sur pieux):

Vous pouvez changer le type de pieu, la pénétration dans la semelle, la séparation entre les pieux de la semelle, le nombre de pieux (dans le cas d'une semelle linéaire). Les pieux ne sont pas calculés, seule est vérifiée leur capacité portante, qui est une donnée que vous devez fournir.

Géométrie :

S'il s'agit de la vérification d'une semelle (ou semelle sur pieux) de dimensions déterminées, introduisez ici ses dimensions puis cliquez sur Dimensionner – Réarmer. Si vous souhaitez calculer la semelle (ou semelle sur pieux) avec des dimensions minimales, introduisez-les ici et cliquez Dimensionner – Dimensions minimales. Dans le cas des semelles sur pieux, Les débords sont toujours indiqués par rapport à l'axe du pieu.

- Géométrie de semelle carrée : la largeur et l'épaisseur de la semelle sont demandées.
- Géométrie de semelle rectangulaire centrée : la largeur x, la largeur y et l'épaisseur sont demandées.
- Géométrie de semelle rectangulaire excentrée : les données suivantes sont demandées :
 - Largeur x initiale (du point d'intersection de la semelle vers la gauche)
 - Largeur x finale (du point d'intersection de la semelle vers la droite)
 - Largeur y initiale (du point d'intersection de la semelle vers le bas)
 - Largeur y finale (du point d'intersection de la semelle vers le haut)
 - Epaisseur de la semelle
- Géométrie de semelle carrée pyramidale : sont demandées la largeur et l'épaisseur du piédestal, la largeur totale et l'épaisseur de bord.
- Géométrie de semelle rectangulaire centrée pyramidale : Sont demandées les largeurs x et y du piédestal, l'épaisseur du piédestal, la largeur x, la largeur y, et l'épaisseur de bord.
- Géométrie de semelle rectangulaire excentrée pyramidale : les données suivantes sont demandées :
 - Largeurs x et y du piédestal
 - Epaisseur du piédestal
 - Largeur x initiale (du point d'intersection de la semelle vers la gauche)
 - Largeur x finale (du point d'intersection de la semelle vers la droite)
 - Largeur y initiale (du point d'intersection de la semelle vers le bas)
 - Largeur y finale (du point d'intersection de la semelle vers le haut)
 - Coordonnées x et y du piédestal (du point d'intersection de la semelle au centre du piédestal)
 - Epaisseur en bord de la semelle
- Armature : Lorsque vous désirez vérifier une armature, cette option permet d'introduire ou de modifier les armatures calculées.
 - Grille inférieure : vous devez indiquer, pour chaque direction de l'armature, le diamètre des barres, la séparation et le type d'ancrage.
 - Grille supérieure : Idem que pour la grille inférieure.
 - Fretage : Diamètre et séparation de l'armature de fretage.

Dans le cas des semelles sur pieux, les armatures apparaissant sont fonction de la typologie sélectionnée et dans le cas où il existe des poutres pour la typologie éditée, vous accédez à l'éditeur de poutres de semelles sur pieux, dont le fonctionnement est analogue à celui de poutres en béton.
- Options : Pour les semelles de type rectangulaire avec amorce centrée ou excentrée, vous disposez d'options relatives à la croissance de la semelle.
- Vérification : Cette option vous permet de vérifier la semelle ou semelle sur pieux et les armatures introduites par l'utilisateur ou celles modifiées à partir des résultats automatiques générés par le programme. Après le processus, vous pouvez optionnellement obtenir une liste des vérifications effectuées. Les vérifications réalisées ne prennent pas en compte les options de calcul de l'utilisateur, mais seulement les normes et critères propres du programme.
- Dimensionnement : Calcule automatiquement la semelle sur pieux et les armatures vérifiant toutes les limites établies selon la norme et les données propres de l'utilisateur. Plusieurs options apparaissent :
 - Complet : calcule les dimensions et l'armature de la semelle sur pieux sans aucune condition de géométrie que l'utilisateur ait pu rentrer.
 - Dimensions minimales : vérifie la semelle sur pieux avec les dimensions introduites dans 'Géométrie', et les augmente si nécessaire. En aucun cas elles ne sont diminuées.

- Réarmer : Calcule uniquement l'armature, sans modifier les dimensions introduites dans 'Géométrie'.

Après chacun de ces processus, vous pouvez obtenir une liste des vérifications effectuées.

- Vue : présente différentes visualisations de la semelle sur pieux.
 - Schéma en plan
 - Cas des semelles : Détail de géométrie : tracé, étage et profil cotés. En plan apparaissent deux lignes discontinues dont l'intersection représente le point d'insertion de la semelle.
Cas des semelles sur pieux : piquetage des pieux : se dessinent seulement les pieux et leurs cotes.
 - Détail de la géométrie. Tracé, plan et profil cotés.
 - Plan de ferrailage : tous les résultats des armatures apparaissent tels qu'ils sortiront sur les plans.

Effacer : Permet d'effacer la semelle ou semelle sur pieux précédemment introduite.

Rotation : Permet de tourner la semelle ou semelle sur pieu par rapport à son axe central.

Dans tous les cas, il est possible d'agrandir ou de zoomer la fenêtre où apparaissent les détails constructifs.

Les récapitulatifs et plans de l'ouvrage peuvent être obtenus via les icônes correspondantes situées en haut à droite de la fenêtre.

1.5. Options complémentaires

1.5.1. Génération automatique de la structure à partir de fichiers DXF ou DWG

Permet de générer la géométrie d'une structure à partir d'un fichier au format DXF ou DWG sur lequel les barres sont dessinées, avec possibilité de désactiver celles que vous ne souhaitez pas générer.

Il est très important que l'unité de dessin du DXF/DWG soit le mètre.

Lorsque vous sélectionnez cette option, vous devez d'abord sélectionner le fichier DXF/DWG à importer dans la fenêtre Sélection de fonds de plan à lire.

Ensuite commence le processus d'importation, qui se déploie dans la fenêtre Sélection d'entités où vous devez choisir les éléments à importer.

Comme vous pouvez l'observer, le DXF/DWG apparaît en perspective ; il est donc possible d'importer des DXFs/DWGs en 3D.

Dans le menu déroulant supérieur gauche, vous pouvez sélectionner plusieurs types de groupes qui sont : 'par calque', 'par type de ligne', 'par couleur' et 'par type d'entité' et qui montrent respectivement les calques définis dans le fichier DXF/DWG, les différents types de ligne, les couleurs et les entités.

Sélectionnez la case blanche des éléments que vous désirez importer. Si vous cliquez sur une case mère, toutes les cases dépendant directement ou indirectement de celle-ci seront automatiquement sélectionnées. Vous pourrez cependant désélectionner celles que vous désirez.

Vous pouvez de la même manière sélectionner ou désélectionner des entités. Sur le DXF/DWG, vous pouvez visualiser les éléments sélectionnés. Celui marqué apparaîtra en violet.

Vous pouvez sélectionner des éléments d'un type (par exemple ceux définis en une couche déterminée) et continuer en sélectionnant éléments après avoir changé le type de groupe (par type de ligne par exemple), les éléments antérieurement sélectionnés étant conservés.

Lorsqu'un élément est sélectionné, il se dessine en violet sur le DXF/DWG sans qu'il soit nécessaire de le marquer, l'objectif étant de distinguer de quel élément il s'agit sans avoir à le marquer et démarquer continuellement.

1.5.2. Exportation de listes aux formats TXT, HTML, PDF et RTF, et vue préliminaire

Structures 3D permet d'exporter toutes les listes aux formats TXT, HTML, PDF et RTF. Après avoir configuré les éléments que vous désirez générer et avoir cliqué sur Accepter dans Imprimer > Récapitulatifs de l'ouvrage, est générée une liste que vous pouvez imprimer directement ou exporter en n'importe quel format énuméré précédemment.

Il est également possible d'obtenir une vue préliminaire de la liste.

Options Précédente et Suivante durant l'introduction des données

Structures 3D possède les options 'Précédente' et 'Suivante' qui permettent respectivement d'annuler les dernières opérations effectuées ou au contraire de refaire celles qui ont été annulées avec l'option précédente.

1.5.3. Déplacement de l'image à l'écran

Pour déplacer le dessin à l'écran, sélectionnez l'icône représentant la main (l'action en cours est suspendue), cliquez gauche et, en maintenant le bouton enfoncé, déplacez l'image jusqu'à la position désirée. Le même résultat peut être obtenu en maintenant la molette centrale et en

faisant glisser la souris. Pour désactiver cette option, cliquez de nouveau dessus.

Lorsque vous sélectionnez cette option, apparaissent également des barres de défilement vertical (barre latérale droite) et de déplacement horizontal (barre inférieure).

1.5.4. Changement de couleur de fond

Il est possible de modifier la couleur de fond des fenêtres dans le menu 'Configuration', auquel vous pouvez accéder via l'icône en forme de globe.

1.5.5. Sélection des derniers ouvrages ouverts

En allant dans Fichier > Derniers fichiers, vous avez accès aux derniers ouvrages ouverts avec le programme.

1.5.6. Génération automatique des combinaisons d'hypothèses

Dans l'option Hypothèses Additionnelles du menu Ouvrage > Actions, vous pourrez ajouter des hypothèses et sélectionner pour celles de même nature un des trois types suivants :

Compatibles

Vous devrez sélectionner un groupe de combinaisons avec autant d'hypothèses que celles définies. Cela est le cas général, dans lequel vous pouvez totalement contrôler, à travers les coefficients de combinaison, l'agissement des hypothèses simples.

Incompatibles

Sélectionnez ce type lorsque les hypothèses n'agissent jamais simultanément. Dans ce cas, les groupes de combinaisons sélectionnés n'auront qu'une seule hypothèse de nature donnée (vent, séisme, etc.), et n'auront donc qu'un

coefficient par combinaison ; la combinaison étendue au nombre réel d'hypothèses sera générée internement et sera assigné ce coefficient dans chaque hypothèse simple et zéro aux autres. Ce type d'hypothèse peut être utilisé lors de la définition de surcharges incompatibles, lors d'hypothèses de vent suivant différentes directions, etc.

Simultanées

C'est le cas contraire au précédent, c'est-à-dire que l'on considère que toutes les hypothèses d'une nature donnée agissent en même temps, comme si seule une hypothèse avait été définie comme la somme de toutes les hypothèses. Les groupes de combinaisons sélectionnés, tout comme dans le cas précédent, ne possèdent qu'une seule hypothèse de cette nature. Ce type peut être utilisé lorsque vous voulez définir un groupe d'hypothèses (par exemple de poids propre), divisé en plusieurs hypothèses pour faciliter leur édition, visualisation, etc.



Fig. 1.45

Structures 3D génère automatiquement toutes les combinaisons d'hypothèses que l'utilisateur a définies en prenant en compte les conditions sélectionnées (compatibles, incompatibles ou simultanées).

1.5.7. Etats limites

Après avoir sélectionné l'option 'Etat limite' du menu 'Ouvrage > Actions', une fenêtre apparaît pour la sélection du contrôle de l'exécution, la catégorie d'exploitation et la cote de neige. En cliquant sur l'icône représentant un crayon et un point d'interrogation, vous pourrez consulter sous forme de liste la combinaison générée par le programme. Dans cette liste, seront indiqués les coefficients partiels de sécurité γ et la formule ainsi que les coefficients de combinaison ψ . Dans la partie inférieure de la fenêtre, vous disposez d'une option permettant de spécifier les états limites pour le béton, la fondation, l'acier préformé, l'acier laminé et le bois.

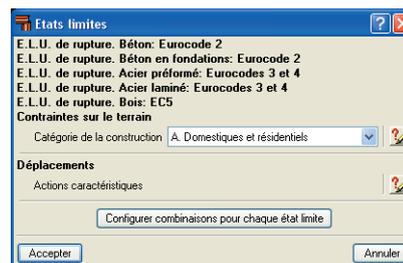


Fig. 1.46

1.5.8. Vue 3D

La vue 3D de la structure (menu Ouvrage > Vue 3D) peut être visualisée en perspective conique ou isométrique.

Il est possible de se déplacer à l'intérieur de la structure en toute liberté lorsque vous visualisez une perspective. Le point de vue peut être tourné via les barres de rotation autour de l'axe Z (barre supérieure), ou autour des axes X ou Y (barre latérale gauche). Si vous zoomez, vous apercevrez une barre de déplacement vertical (barre latérale droite) et de déplacement horizontal (barre inférieure).

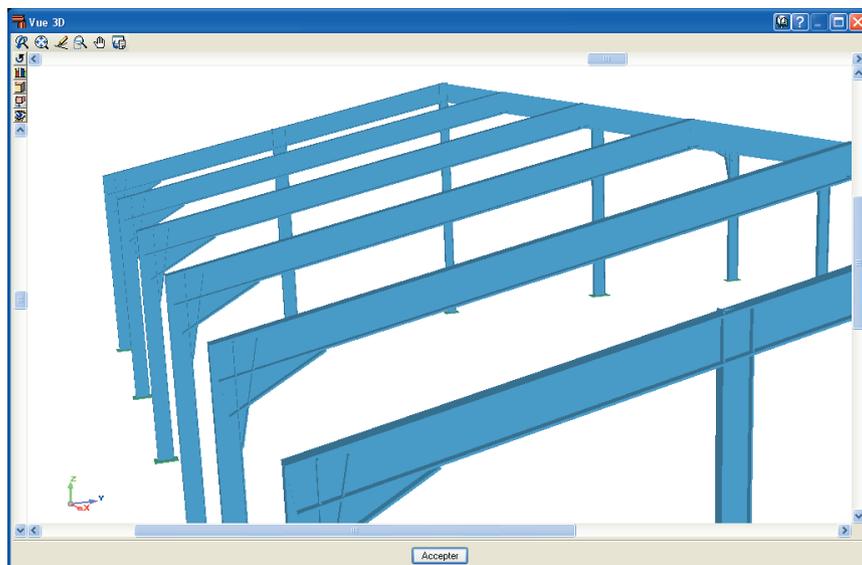


Fig. 1.47

Le changement de perspective est possible en utilisant les boutons « oeil » et « cube » apparaissant alternativement dans la partie supérieure gauche de la fenêtre 'Vue 3D'.

1.6. Aides

1.6.1. Documentation du programme

Les menus du programme et les dialogues s'ouvrant à l'exécution de certaines options disposent d'une aide à l'écran.

Cette aide est disponible de quatre façons différentes :

Touche F1

Pour obtenir de l'aide sur une option, il faut dérouler le menu, placer le curseur sur l'option pour laquelle vous désirez de l'aide et, sans l'activer, cliquez sur la touche F1.

Icône avec le point d'interrogation

Dans la barre de titre de la fenêtre principale du programme, il existe une icône avec un point d'interrogation. Vous pouvez obtenir l'aide spécifique à une option du programme de la façon suivante : cliquez sur cette icône, déroulez le menu contenant l'option dont vous voulez consulter l'aide et cliquez sur cette option. Apparaîtra une fenêtre avec l'information sollicitée.

Vous pouvez désactiver l'aide de trois manières différentes : en cliquant sur le bouton droit de la souris, en cliquant sur l'icône 'point d'interrogation' ou en appuyant sur la touche Esc.

Vous pouvez également obtenir de l'aide sur les icônes de la barre d'outils. Pour cela, cliquez sur l'icône avec le point d'interrogation. Les icônes disposant d'une information s'entoureront alors en bleu. Ensuite, cliquez sur l'icône pour laquelle vous voulez obtenir de l'aide. Dans la barre de titre des dialogues s'ouvrant lors de l'exécution de certaines options, il existe aussi une icône avec le point d'interrogation. Après avoir cliqué sur cette icône, les options et les parties du dialogue disposant d'une aide s'entoureront en bleu, cliquez sur celle désirée pour obtenir l'aide.

Icône en forme de livre ouvert

Dans la barre de titre de certaines fenêtres, apparaît une icône en forme de livre ouvert. En cliquant sur cette icône, vous accéderez à l'information générale du cadre de dialogue dans lequel il se trouve.

Dans Structures 3D, cette icône est présente dans la barre de titre de la fenêtre principale. En la sélectionnant, vous pourrez obtenir de l'information sur le mode de fonctionnement de Structures 3D.

1.6.2. Guide rapide

L'information relative aux options du menu peut être consultée et imprimée avec l'option Aide > Guide rapide. Ce guide est uniquement généré pour l'onglet activé à ce moment.

Les options des dialogues ne sont pas répétées dans ce guide.

1.6.3. Manuels électroniques

Dans le menu aide, apparaissent les accès directs aux manuels en relation directe ou indirecte avec l'application traitée.

1.6.4. A propos de...

Affiche l'information concernant l'application, le nom et la version du programme. Indique également le nom du titulaire de la licence utilisée et son numéro. Le bouton Licence renseigne sur tous les programmes, modules et normes de calcul que vous avez acquis avec votre licence. Dans cette sous fenêtre, apparaît l'option Configuration du dongle de réseau, qui vous permet de configurer le dongle de réseau depuis la machine cliente.

2. Exemple pratique: Dimensionnement d'un hangar métallique

2.1. Introduction

L'objectif de cette partie du manuel est l'apprentissage et le maniement du programme par le calcul d'un hangar métallique.

Les objectifs de **Structures 3D** sont les suivants:

- Le calcul et le dimensionnement des profils de tous les portiques d'un hangar.
- Le calcul et le dimensionnement de toutes les semelles, et des plaques d'ancrage avec leurs boulons et raidisseurs.
- La génération sous forme de liste des données de calcul.
- La génération des plans issus du calcul.

2.2. Données préalables

Le hangar choisi pour cet exemple est constitué de 6 portiques à deux pentes.

Les données géométriques des portiques intermédiaires sont les suivantes:

- Hauteur poteau gauche: 5 mètres
- Hauteur poteau droit: 5 mètres
- Hauteur faîtage : 7 mètres
- Demie portée gauche: 10 mètres
- Portée totale: 20 mètres

2.3. Données de charges

Pour générer les charges de vent selon la norme AE-88, on suppose que le hangar va être construit dans la province d'Alicante (Espagne), dans une zone éolienne X et dans une situation typographique normale.

La hauteur maximale est définie par le portique central soit 7 mètres. On suppose que le pourcentage d'ouverture est inférieur à 33 %.

Concernant les données relatives à la charge due à la neige, le programme considère que la province d'Alicante possède une altitude comprise entre 0 et 200 m, ce qui génère une charge de 40 kg/m².

Pour les charges d'exploitation, on retiendra une valeur de 40 kg/m².

Cette valeur, qui peut paraître insuffisante, est pourtant optimale étant donné qu'une valeur totale de 80 kg/m² est obtenue en ajoutant la charge due à la neige.

Pour le poids propre des éléments de bardage, ceux-ci étant des panneaux couverts d'une couche de mousse de polyuréthane, on utilisera la valeur de 12 kg/cm².

2.4. Géométrie des portiques

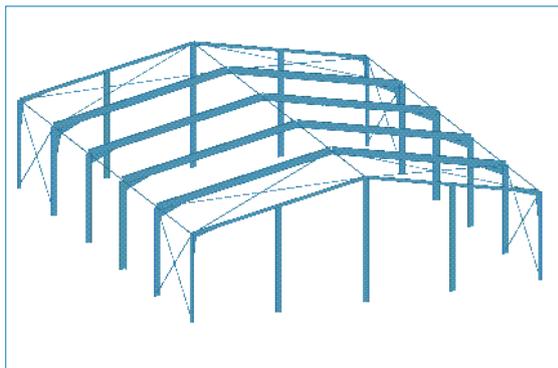


Fig. 2.1. Vue générale du hangar

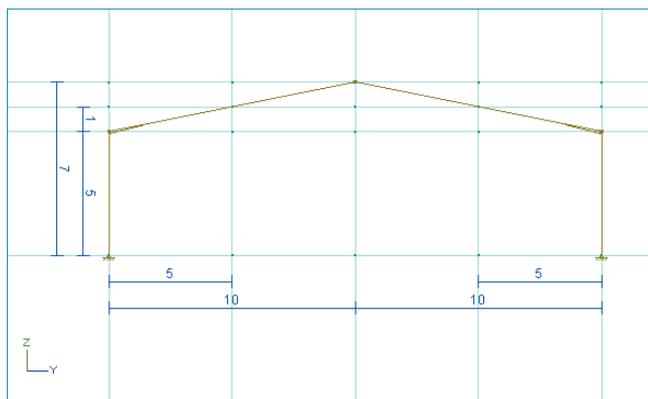


Fig. 2.2. Vue 2D cotée d'un portique type

2.5. Introduction des données

Ce guide présente brièvement les différentes étapes de dimensionnement du hangar.

1. Lancez le programme depuis le Bureau ou depuis le menu Démarrer de Windows.
2. Dans la fenêtre **Sélection de fichier**, cliquez sur **Nouveau** pour créer un fichier.
3. Entrez le nom et la description du projet ('Manuel01' et 'Exemple du manuel hangar 1').
4. Créez une nouvelle vue 2D orthogonale aux axes x, y ou z depuis le menu **Fenêtre > Ouvrir Nouvelle > Vue 2D d'un plan perpendiculaire à l'axe X, Y ou Z**. Sélectionnez des lignes de capture ZY.
5. Dessinez le schéma du portique principal en cliquant sur **Barre > Nouvelle**.
6. Réalisez le dimensionnement du schéma du portique principal via le menu **Plan > Cotes > Ajouter > Cotation Générique** avec les valeurs 10, 10, 5 et 2 mètres.
7. Grouper les éléments identiques en utilisant l'option **Barre > Grouper**.
8. Décrivez les profils dans le menu **Barre > Décrire Profil**.
9. Placez les goussets sur les profils. Pour chaque barre, vous devez utiliser le menu **Barre > Décrire Profil**
10. Décrivez les nœuds en utilisant le menu **Nœud > Liaison intérieure / Liaison extérieure**. Les nœuds sont encastrés et les appuis articulés.
11. Définissez les hypothèses simples dans le menu **Ouvrage > Actions > Hypothèses Additionnelles**. Au total, on considère 6 hypothèses: le poids propre, les charges d'exploitation, le vent 1, le vent 2, le vent latéral et la neige.

12. Introduisez les charges correspondantes. Pour chaque hypothèse simple, vous devez entrer dans le menu **Charge > Introduire charges sur barres**. La charge est introduite selon le tableau de charge à part l'hypothèse de vent latéral. Consultez le type de charge dans le tableau des charges.
13. Introduisez les coefficients de flambement pour chaque barre via le menu **Barre > Flambement**. Vous devez le faire pour chaque barre et pour chaque plan local xy, xz et selon le tableau des données.
14. Introduisez dans le menu **Barre > Déversement** les coefficients des moments et la distance d'étaie pour le déversement de chaque barre et de chaque aile selon le tableau des données.
15. Introduisez la limite de flèche pour chaque linteau dans le plan xz et en suivant le tableau de données. Pour cela, allez le menu **Barre > Flèche Limite** et activez l'option **Flèche maximale relative xz**.
16. Ouvrez la vue 3D via le menu **Fenêtre > 3D**.
17. Générez tous les portiques de la structure via le menu **Génération > Plans**. Sélectionnez deux axes contenus dans le plan du premier portique et dans la fenêtre apparaissant, introduisez 5 portiques et 5 mètres.
18. Groupez les portiques initiaux et finaux via le menu **Plan > Grouper**. Sélectionnez YZ pour chacun des portiques, dégroupes et regroupez.
19. Créez un plan 2D Orthogonal qui passe par un des portiques intermédiaires en allant dans le menu **Fenêtre > Ouvrir Nouvelle > Vue 2D d'un plan perpendiculaire à l'axe X, Y ou Z**.
20. Ajoutez de nouveaux nœuds au portique initial pour l'adapter à son dessin réel. Pour cela, utilisez le menu **Nœud > Nouveau** et ajoutez 3 nœuds sur la ligne inférieure.
21. Cotez les nœuds introduits via le menu **Plan > Cotes > Ajouter > Cotation Générique** avec les valeurs 5,5,5 et 5 mètres.
22. Ajouter les piliers intermédiaires via le menu **Barre > Nouvelle**. Les piliers s'introduisent du bas vers le haut avec l'option Orthogonale activée.
23. Réduisez de moitié les charges de toutes les hypothèses simples via le menu **Charge > Editer charges sur barre**.
24. Décrivez les nouvelles barres de chaque nouveau pilier dans le menu **Barre > Décrire Profil**.
25. Décrivez les nouveaux nœuds dans les menus **Nœuds > Liaison intérieure / Liaison extérieure**. Les appuis articulés et les nœuds supérieurs seront articulés avec un déplacement libre dans le plan ZY.
26. Introduisez les coefficients de courbure pour chaque nouvelle barre et pour chaque plan local xy, xz, selon le tableau des données via le menu **Barre > Flambement**.
27. Introduisez les coefficients des moments et les distances d'étaie pour la courbure latérale de chaque nouvelle barre et de chaque aile selon le tableau de données via le menu **Barre > Déversement**.
28. Introduisez la limite de flèche pour chaque linteau dans le plan local xz, selon le tableau des données via le menu **Barre > Flèche Limite** et en activant l'option **Flèche maximale relative xz**.
29. Dégroupes les plans contenant les portiques initiaux et finaux afin de pouvoir introduire les charges plus facilement. Pour cela, allez dans le menu **Plan > Dissocier** et sélectionnez l'option **Plans parallèles à ZY**.
30. Introduisez les charges correspondantes pour les hypothèses de vent latéral selon le tableau. Pour cela, allez dans le menu **Ouvrage > Actions > Hypothèses Additionnelles**.
31. Introduisez le type d'acier pour chaque barre.
32. Grouper les barres pour optimiser les résultats dans le menu **Barre > Grouper**.

33. Calculer la structure en utilisant le menu **Calcul > Calculer**.
34. Vérifiez les barres dans le menu **Calcul > Vérifier les barres**.
35. Optimisez le dimensionnement pour chaque barre en cochant l'option **Dimensionnement des profils** lors de la vérification des barres.
36. Editez et visualisez à l'écran les résultats relatifs aux plaques d'ancrage et aux semelles dans l'onglet **Fondation**.

37. Obtention des résultats. Pour imprimer les récapitulatifs, aller dans le menu **Fichier > Imprimer > Récapitulatifs de l'ouvrage**; pour dessiner les plans, sélectionnez **Fichier > Imprimer > Plans de l'ouvrage**.

Les tableaux de charges et de données de calcul suivants vous renseignent sur les données à introduire.

		Portiques centraux Largeur de bande: 5 m	Portiques initial et final Largeur de bande: 2,5 m
Hypothèses simples	Carge totale/m ²	Charge totale/m	Charge totale/m
Poids propre	Poids chape: 12 kg/m ² Poids pannes: 8,1 kg/m ² Espacement: 1,9	0,081 T/m	0,0405 T/m
Charge d'exploitation	40 kg/m ²	0,2 T/m ²	0,1 T/m ²
Vent 1	Zone éolienne: x Situation topo. Normale < 33% d'ouvertures Hauteur maximale: 7 m Angle 10°	Hypothèse A: Pression latérale 67 kg/m ² ; m = 0; n = -13 Poussée: 0,22 T/m Succion: 0,11 T/m Linteau 1: 0,0 T/m Linteau 2: 0,065 T/m	Hypothèse A: Pression latérale 67 kg/m ² ; m = 0; n = -13 Poussée: 0,11 T/m Succion: 0,05 T/m Linteau 1: 0,0 T/m Linteau 2: 0,0325 T/m
Vent 2	Zone éolienne: x Situation topo. Normale < 33% d'ouvertures Hauteur maximale: 7 m Angle 10°	Hypothèse B: Pression latérale 67 kg/m ² ; m = -38; n = -51 Poussée: 0,22 T/m Succion: 0,11 T/m Linteau 1: 0,19 T/m Linteau 2: 0,225 T/m	Hypothèse A: Pression latérale 67 kg/m ² ; m = -38; n = -51 Poussée: 0,11 T/m Succion: 0,05 T/m Linteau 1: 0,055 T/m Linteau 2: 0,127 T/m
Vent frontal	67 kg/m ²	/	Voir charges de vent latéral
Neige	40 kg/m ²	0,2 T/m	0,1 T/m

Tableau 2.1. Charges et données de calcul

Poussée (Portique initial)		Suction (Portique final)	
2/3 (67) = 44,66		1/3 (67) = 22,33	
5 m	2,5 m	5 m	2,5 m
0,223 T/m	0,111 T/m	0,11 T/m	0,055 T/m

Tableau 2.2. Charges de vent frontal

Élément barre	Poteau gauche	Poteau droit	Linteau gauche	Linteau droit	Poteau gauche	Poteau droit	Poteau central	P. interméd. gauche	Linteau gauche	P. interméd. droit	Linteau droit	
Portique	central				initial ou final							
Longueur barre	5	5	10	10	5	5	7	6	10	6	10	
Type profil	YPE avec gousset	YPE	YPE	YPE avec gousset	YPE	YPE avec gousset						
Coefficient flambement xz	1	1	1	1	1	1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
Coefficient flambement xy	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	1	1	0,15	1	0,15	
Coefficient moment aile supérieure	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	
Distance entretoises aile supérieure	L	1,2	1,9	1,9	L	1,2	L	L	1,9	L	1,9	
Coefficient moment aile inférieure	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	
Distance entretoises aile inférieure	1,2	L	L	L	1,2	L	L	L	L	L	L	
Limitation flèche xz	/	/	41 mm	41 mm	/	/	/	/	41 mm	/	41 mm	

Tableau 2.3. Données de calcul relatives aux barres

Remarque : La valeur L correspond à la longueur de la barre.



Fig. 2.3. Hypothèse de charge d'exploitation

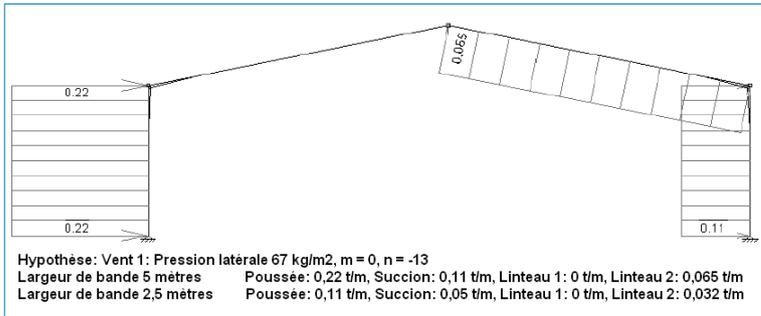


Fig. 2.4. Hypothèse de vent 1

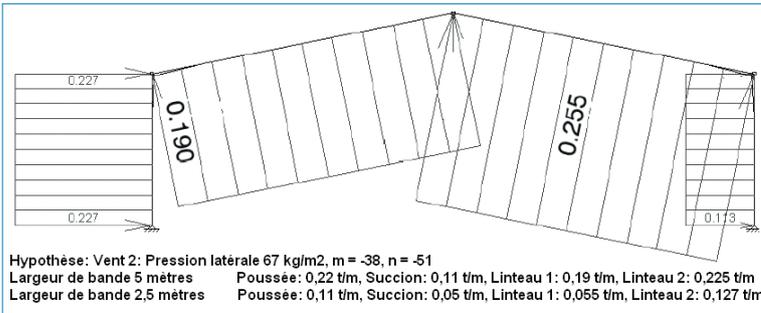


Fig. 2.5. Hypothèse de vent 2

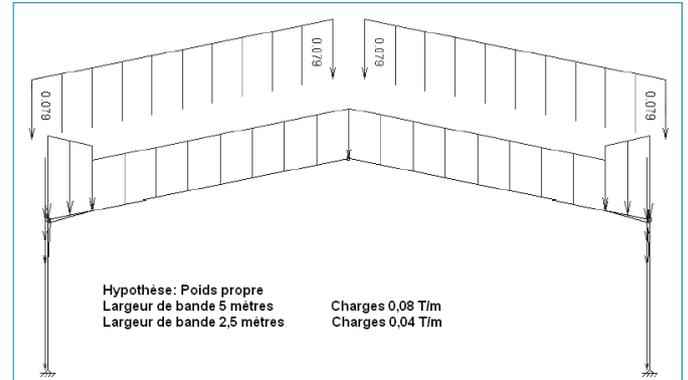


Fig. 2.6. Hypothèse de poids propre

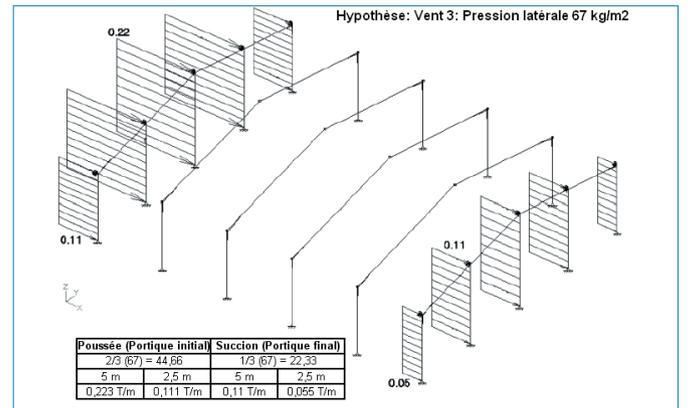


Fig. 2.7. Hypothèse de vent frontal

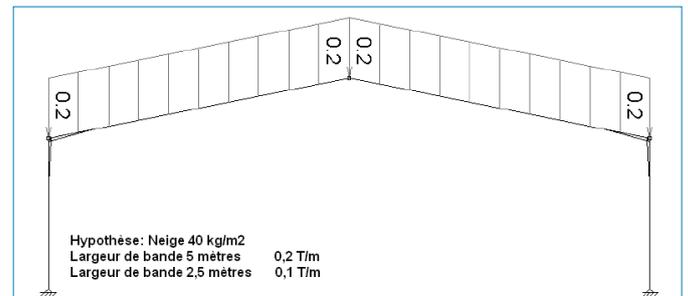


Fig. 2.8. Hypothèse de neige

2.6. Développement de l'exemple

Lancez le programme **Structures 3D**: la fenêtre de **Gestion des fichiers** de la Fig. 2.9 s'ouvrira.

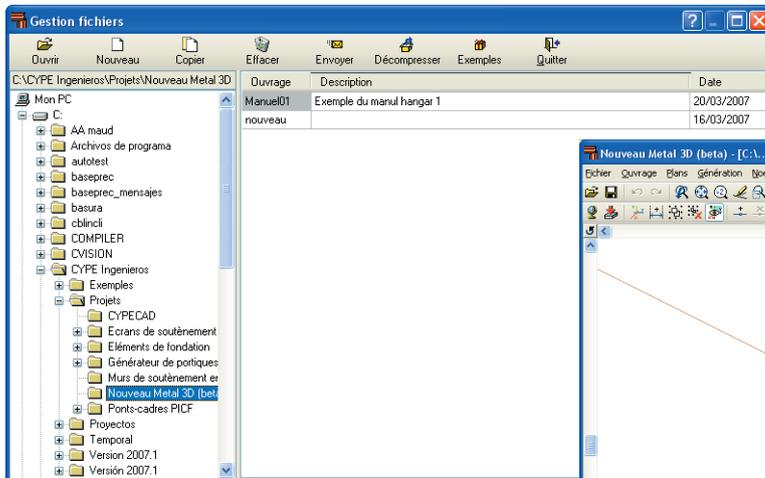


Fig. 2.9

Cliquez sur **Nouveau** afin de créer un fichier pour le hangar de l'exemple. Vous verrez alors apparaître à l'écran la fenêtre de la Fig. 2.10. Entrez 'Exemple1' comme nom de l'ouvrage et 'Exemple du manuel' dans sa description, puis cliquez sur **Accepter**.



Fig. 2.10

La fenêtre générale du programme apparaît. Dans la zone de travail, vous pouvez observer les axes globaux.

Vous devez maintenant créer une vue 2D orthogonale aux axes globaux ZY afin de dessiner le portique initial.

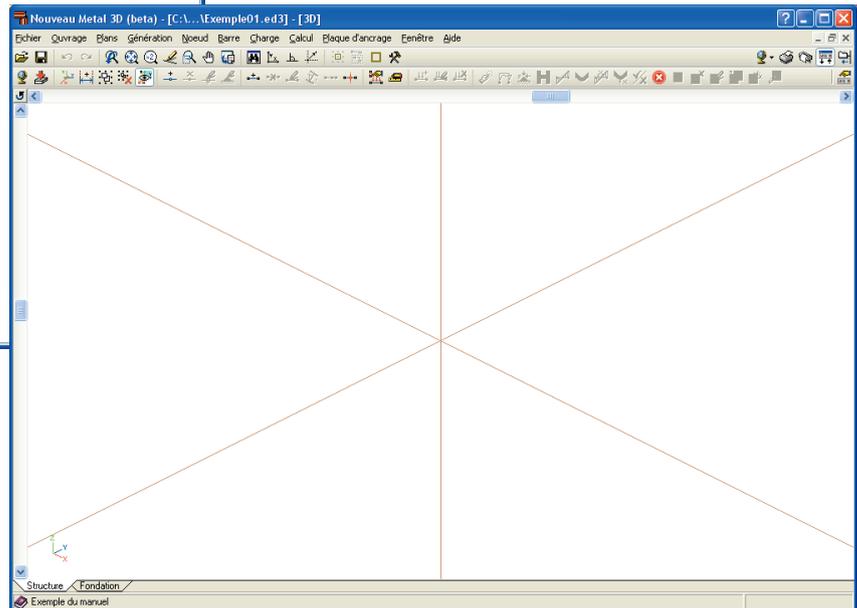


Fig. 2.11

Sélectionnez le menu **Fenêtre > Ouvrir Nouvelle**. Une fenêtre présentant trois possibilités s'ouvre.

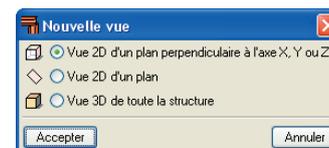


Fig. 2.12

Choisissez **Vue 2D d'un plan perpendiculaire à l'axe X, Y ou Z**. Cliquez sur **Accepter** puis sur deux barres définissant le plan ZY.

Notez que les axes sélectionnés changent de couleur. S'ouvre ensuite une fenêtre vous demandant de donner un nom à la nouvelle vue créée. Inscrivez 'Portique initial'. Vous avez maintenant une vue en plan de ce portique frontal. Dans le menu **Barre**, cliquez sur **Nouvelle**.

Dessinez la géométrie du portique. Suivez les étapes ci-après pour matérialiser le portique de la Fig. 2.13.

- Cliquez sur l'origine des coordonnées puis élevez la barre verticalement jusqu'à un point quelconque et cliquez. Vous venez d'introduire le poteau gauche.
- Cliquez sur un point qui sera le faîtiage et continuez à cliquer jusqu'à avoir schématisé un portique à deux pentes. Une fois les quatre barres introduites, cliquez droit pour finaliser l'introduction de barres.

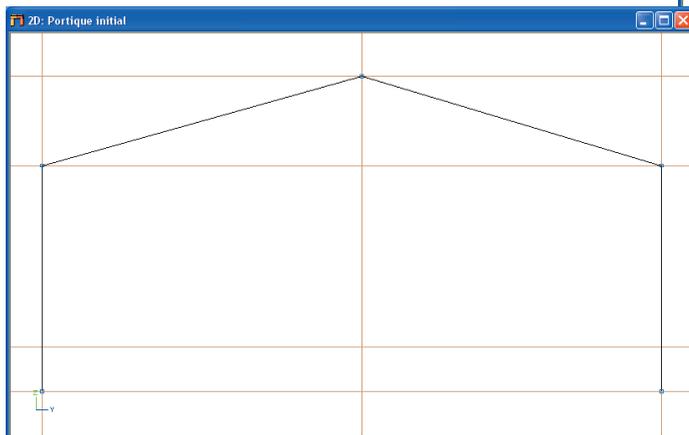


Fig. 2.13

Passons maintenant au dimensionnement du schéma du portique. Dans le menu **Plans** sélectionnez **Cotes**.

Introduisez la valeur 10 comme distance entre les lignes et sélectionnez **Cotation Générique**. Cliquez sur le premier poteau puis sur la ligne de référence qui passe par le point de faîtiage.

Répétez l'opération pour le poteau droit.

Pour coter les hauteurs, cliquez droit et introduisez les données correspondantes. Marquez ensuite les lignes de captures cohérentes à la cote.

Répétez les étapes précédentes jusqu'à obtenir la figure suivante :

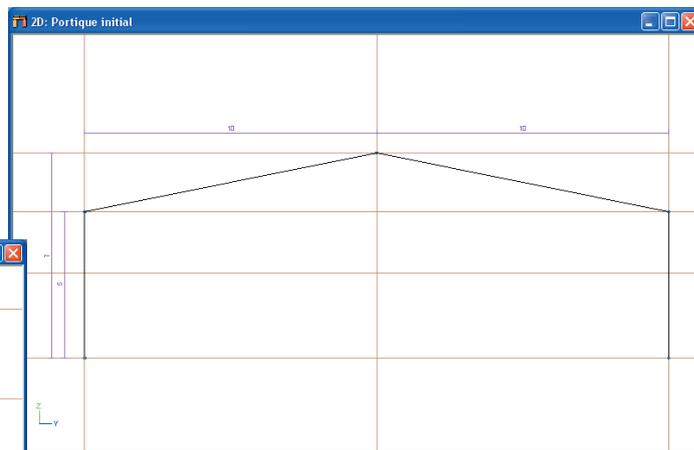


Fig. 2.14

Groupez maintenant les barres pour lesquelles vous voulez le même profil après le calcul et le dimensionnement. Pour cela, sélectionnez **Grouper** dans le menu **Barre**.

Cliquez sur chacun des deux poteaux. Pour terminer la sélection, cliquez droit. Dans la fenêtre apparaissant, cliquez sur **Oui**.

Répétez les étapes précédentes pour les deux linteaux.

Lorsque vous approchez le pointeur d'une barre, toutes les barres groupées avec celle-ci s'illuminent comme le montre la Fig. 2.15.

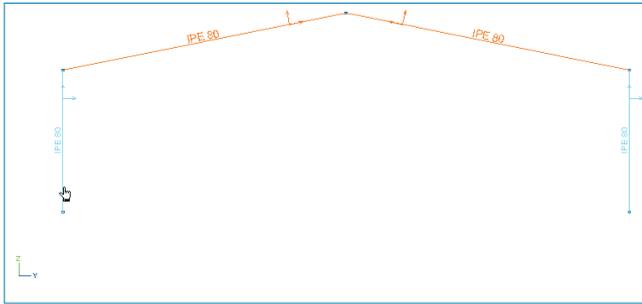


Fig. 2.15

Dans le menu **Barre**, sélectionnez **Décrire Profil**. Sélectionnez toutes les barres puis cliquez droit pour faire apparaître la fenêtre de la figure suivante :

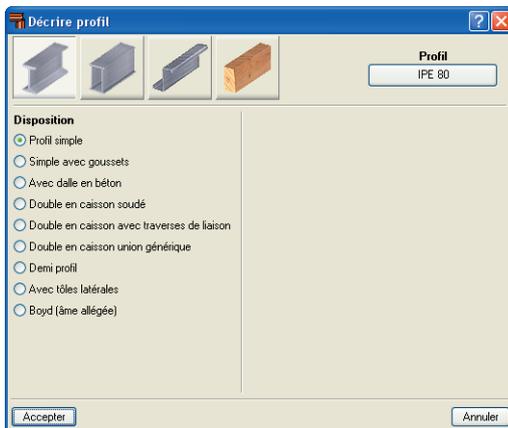


Fig. 2.16

Sélectionnez le **Profil en acier laminé**.

Si vous souhaitez changer le profil, cliquez sur **IPE 80**. La fenêtre suivante s'ouvrira :

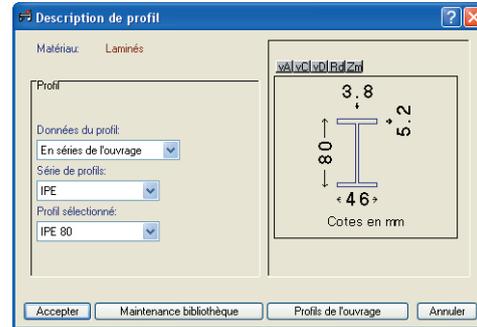


Fig. 2.17

Dans disposition, sélectionnez **'Simple avec goussets'** et placez les goussets en sélectionnant celui correspondant à la barre que vous êtes en train de décrire et en indiquant sa longueur (cf. tableau 2.4).

Cliquez sur **Accepter** et **IPN-80** s'affichera sur le dessin.

Répétez l'opération pour toutes les barres. Vous avez accès à la description de chaque profil et des goussets dans le tableau 2.4. Remarquez que vous devez dégroupier les deux poteaux pour placer les goussets puisque ceux-ci sont différents. Pour cela, allez dans **Barre > Dégroupier**, sélectionnez les poteaux puis cliquez droit. N'oubliez pas de les regrouper une fois les goussets introduits.

Élément	Type profil	Type matériau	Données profils	Séries Profils	Profil Sélectionné	Type sélectionné	Unité	Longueur
Poteau gauche	Métallique (acier)	Laminé	Séries de l'ouvrage	IPE	IPE 80	Gousset final supérieur	m	1,5
Poteau droit	Métallique (acier)	Laminé	Séries de l'ouvrage	IPE	IPE 80	Gousset final inférieur	m	1,5
Linteau gauche	Métallique (acier)	Laminé	Séries de l'ouvrage	IPE	IPE 80	Gousset initial inférieur	m	1,5
Linteau droit	Métallique (acier)	Laminé	Séries de l'ouvrage	IPE	IPE 80	Gousset initial inférieur	m	1,5

Tableau 2.4. Références pour la description des profils.

L'étape suivante consiste à décrire les nœuds internes comme des nœuds rigides. Pour cela, cliquez sur l'option **Liaison intérieure** du menu **Nœud**.

Sélectionnez les deux têtes de poteaux et le faîtiage et cliquez droit. S'ouvrira alors la fenêtre de la Fig. 2.18. Sélectionnez le nœud rigide et cliquez sur **Accepter**.

Décrivez maintenant les nœuds externes via l'option **Liaison extérieure** du menu **Nœud**. Sélectionnez tous les nœuds de fondation et cliquez droit. S'ouvre alors la fenêtre de la Fig. 2.19. Sélectionnez le nœud articulé et acceptez.



Fig. 2.18

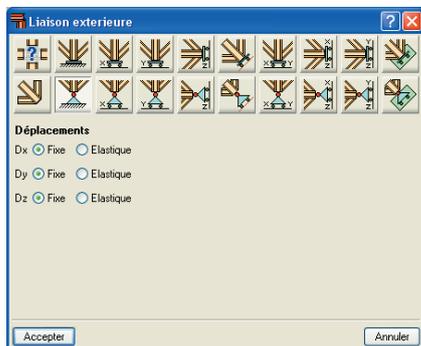


Fig. 2.19

Nous allons maintenant définir les hypothèses simples.

Pour cela, cliquez sur **Ouvrage > Actions**. La fenêtre suivante s'ouvrira :

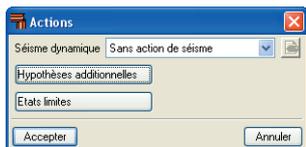


Fig. 2.20

Cliquez sur **Hypothèses Additionnelles** (Fig. 2.21) puis, cliquez sur les icônes correspondantes pour ajouter une hypothèse de 'Charge d'exploitation', trois hypothèses de 'Vent' et une hypothèse de 'Neige'. Changez les noms des hypothèses simples afin de les rendre le plus clair possible. Dans le cas du vent, vous devez sélectionner **Avec dispositions de charges différentes: Incompatible** (Fig. 2.23).

Cliquez ensuite sur **Accepter**.

Dans la fenêtre des états limites qui apparaît sélectionnez **E. Entrepôts** et cliquez sur **Accepter**.



Fig. 2.21

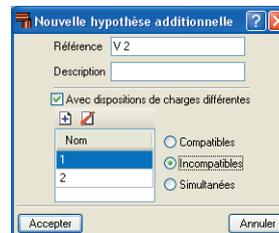


Fig. 2.23

Dans le menu **Charge** sélectionnez **Introduire Charges sur barres**. Sélectionnez les deux linteaux et cliquez droit. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionner d'abord '**Charge Permanente**' (Fig. 2.24). Introduisez ensuite la valeur de la charge permanente indiquée dans le tableau 2.1 et l'axe

suivant lequel elle s'applique (Z) en faisant attention au sens de l'axe. Pour terminer cliquez sur **Accepter**.

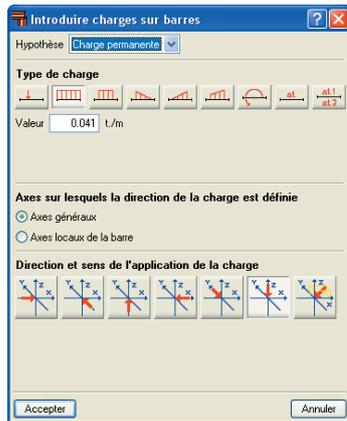


Fig. 2.24

Remarque : le poids propre des éléments dessinés dans le programme est automatiquement pris en compte. En ce qui concerne la charge permanente, vous devez seulement ajouter le poids des éléments qui seront introduits ultérieurement tels que les pannes.

Répétez les étapes précédentes, en changeant les valeurs, directions et sens des charges pour introduire la '**Charge d'exploitation**' et les hypothèses de '**Neige**', '**Vent 1**' et '**Vent 2**'. Pour les linteaux, vous devez faire attention à introduire les hypothèses de vent suivant les axes locaux de la barre.

Les valeurs des charges sont données dans le tableau de charges 2.1.

Une fois les charges de toutes les hypothèses introduites, il est possible de visualiser l'ensemble des hypothèses en cliquant sur **Charge > Hypothèse Vue > Voir Toutes > Accepter**. Vous pourrez alors observer la Fig 2.25 montrant toutes les charges.

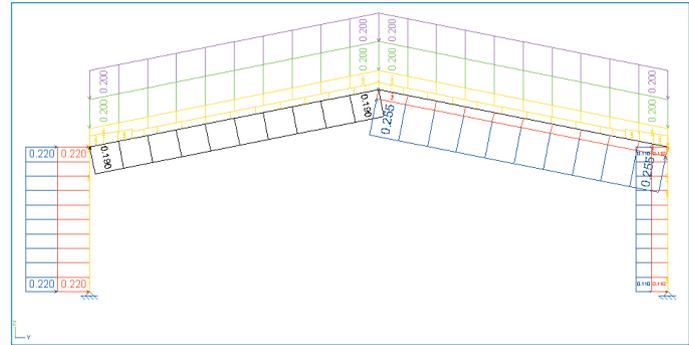


Fig. 2.25

Nous allons maintenant passer à la définition de la courbure globale des profils. Pour cela, cliquez d'abord sur **Barre > Flambement**. Les coefficients relatifs aux barres s'affichent et vous pouvez observer que ceux-ci sont tous unitaires : 1 étant toujours la valeur apparaissant par défaut.

Sélectionnez une barre et cliquez droit pour ouvrir la fenêtre suivante.

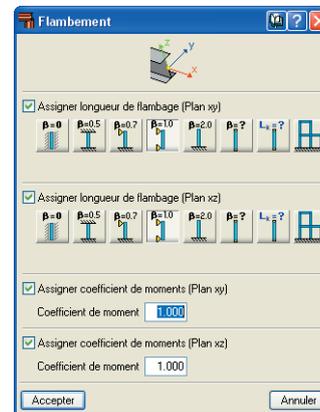


Fig. 2.26

Introduisez les coefficients de flambement donnés dans le tableau 2.3. dans les plans xy et xz et acceptez. Vous devez obtenir la figure suivante :

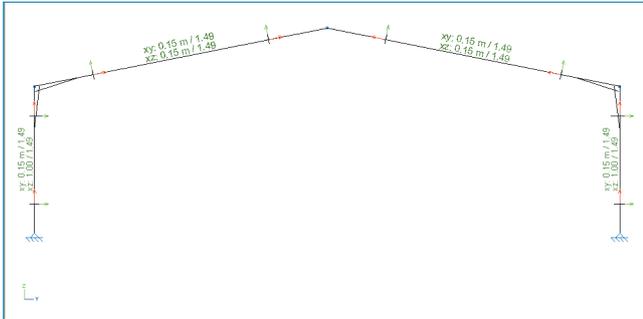


Fig. 2.27

Cliquez ensuite sur **Barre > Déversement**. Sélectionnez une barre et cliquez droit pour ouvrir la fenêtre suivante :

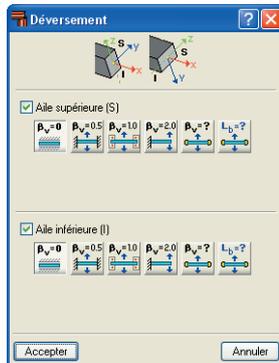


Fig. 2.28

Introduisez les coefficients et les séparations entre les pannes indiqués dans le tableau des données et acceptez. Vous devez obtenir la figure suivante :

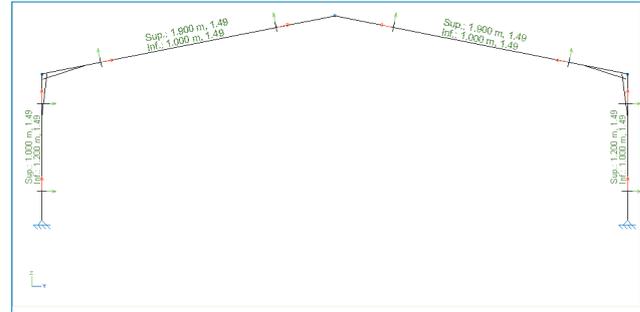


Fig. 2.29

Nous allons maintenant limiter la flèche des linteaux. Cliquez sur l'option **Flèche Limite** dans le menu **Barre**. Sélectionnez les deux linteaux et cliquez droit. Dans la fenêtre apparaissant, cocher **Flèche maximale absolue XZ** et introduisez la valeur '41 mm'.

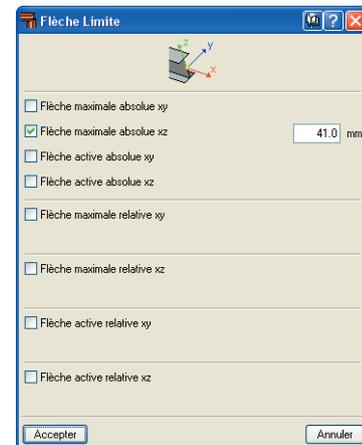


Fig. 2.30

Cliquez sur **Accepter**. Vous devez obtenir la figure suivante :

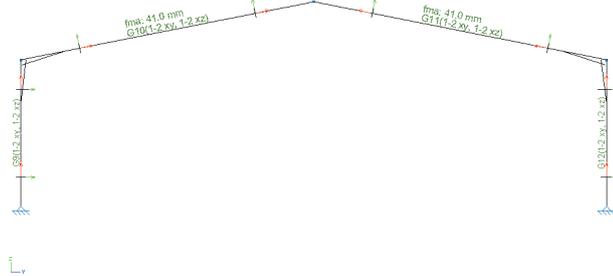


Fig. 2.31

Afin de générer plus facilement les portiques manquants, affichez la vue 3D en cliquant sur **3D** du menu **Fenêtre**.

Nous allons générer 5 plans parallèles au plan du portique initial. Pour cela cliquez sur **Génération > Plans**. Sélectionnez deux axes du plan du portique initial pour faire apparaître la fenêtre suivante :



Fig. 2.32

Pour notre exemple, nous devons créer 5 plans séparés de 5 mètres chacun. Vous devez donc introduire les valeurs 5 et 5 et activer l'option **Grouper plans générés**.

Une fois que vous avez rentré et accepté les données, 5 portiques identiques au premier et possédant exactement toutes les caractéristiques introduites précédemment sont créés.

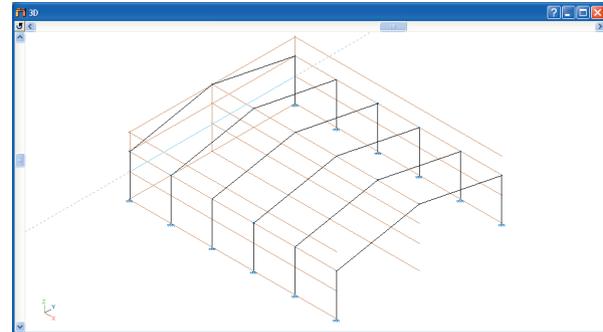


Fig. 2.33

Les 6 portiques étant groupés, toute modification effectuée sur l'un d'entre eux sera également affectée aux autres.

Afin de modifier uniquement les portiques initial et final, un regroupement plus contrôlé s'impose. Pour cela, cliquez sur **Plan > Dissocier**. Dans la fenêtre qui apparaît, laissez l'option par défaut **Plans Parallèles à YZ** et acceptez. Sélectionnez ensuite les plans des portiques initial et final et cliquez droit. Cliquez sur **Oui** lorsque le programme vous demande si vous voulez dégroupier les plans sélectionnés.

Groupez ensuite les portiques initial et final en cliquant sur **Plan > Grouper** et en répétant les mêmes étapes que précédemment.

Vous devez obtenir le résultat visible sur la Fig. 2.34 suivante :

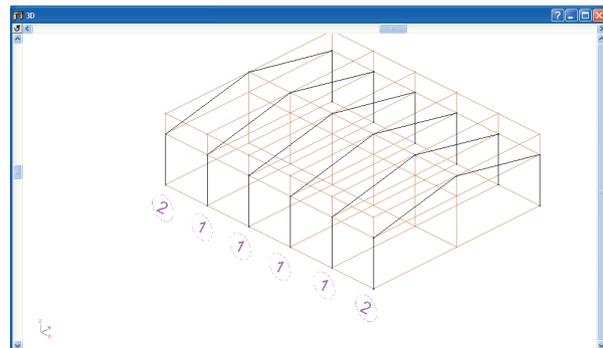


Fig. 2.34

Passons maintenant à la création d'un plan 2D passant par un des plans centraux. Pour cela sélectionnez l'option **Ouvrir Nouvelle** dans le menu **Fenêtre**. Laissez cochée l'option par défaut **Vue 2D d'un plan perpendiculaire à l'axe X, Y ou Z**.

Cliquez sur deux droites définissant un des plans centraux récemment générés et nommez cette nouvelle vue '**Portique central**' dans la fenêtre qui apparaît.

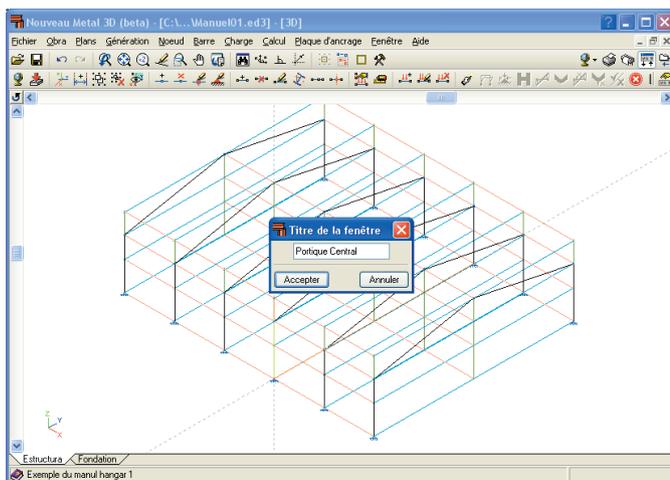


Fig. 2.35

Nous allons maintenant retravailler sur les portiques initial et final. Pour cela, ouvrez le plan intitulé '**Portique initial**' via le menu **Fenêtre**.

Ajoutez 3 nouveaux nœuds sur la ligne de capture horizontale inférieure. Sélectionnez l'option **Nouveau** du menu **Nœud** et cliquez aux endroits où vous voulez introduire les nœuds.

Utilisez le menu **Plan > Cotes > Cotation générique** pour coter les nœuds. Introduisez la valeur 5 et sélectionnez les lignes de captures verticales de la même façon qu'avant.

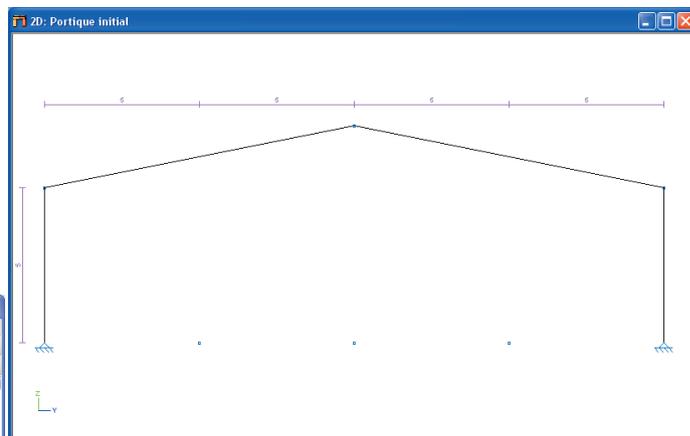


Fig. 2.36

Nous allons maintenant créer les poteaux intermédiaires. Cliquez sur l'icône '**Référence aux objets**' présente dans la barre d'outils et activez l'option '**Orthogonal**' puis, activez l'option **Barre > Nouvelle**. Tracez les trois barres ayant pour points initiaux ceux que vous venez d'introduire et pour points finaux les intersections verticales de ces barres avec les linteaux.

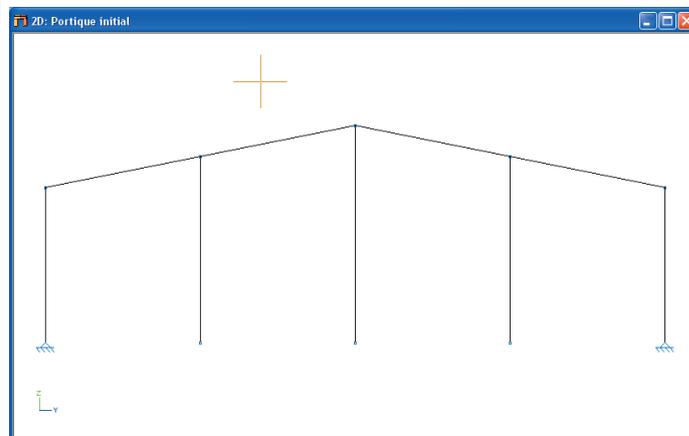


Fig. 2.37

La largeur des portiques initial et final étant maintenant de la moitié de 5 mètres, soit 2,5 mètres, toutes les charges doivent être divisées pour être ajustées aux valeurs du tableau des charges.

Pour cela cliquez sur **Charges > Hypothèse vue** et sélectionnez dans un premier temps l'hypothèse de '**Charge permanente**'. Ensuite activez l'option **Editer charges sur barres** du menu **Charges** puis sélectionnez les charges à modifier et cliquez droit pour faire apparaître la fenêtre permettant de modifier la charge (Fig. 2.38).

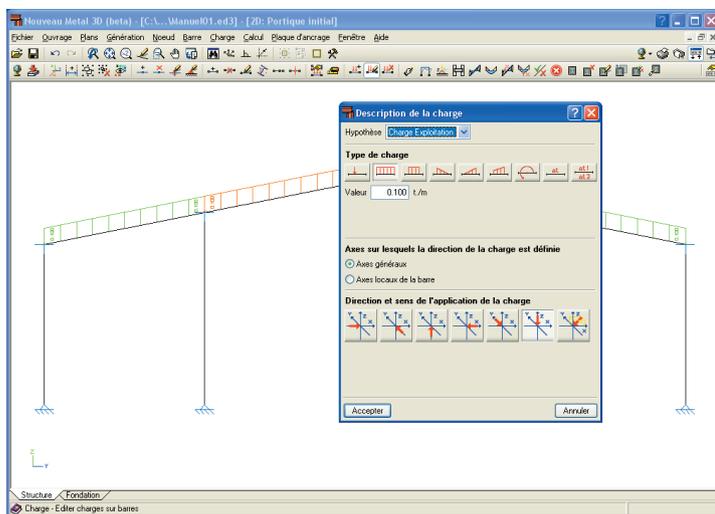


Fig. 2.38

Répétez les étapes précédentes pour chacune des charges des hypothèses simples.

Il faut maintenant définir le profil des nouvelles barres introduites. Dans le menu **Barre**, sélectionnez **Décrire Profil**. Sélectionnez toutes les nouvelles barres et cliquez droit pour ouvrir la fenêtre vous permettant de choisir le type de profil. Dans ce cas, toutes les barres seront en **Acier laminé, IPE 80**.

Avec l'introduction des dernières barres, il y a quatre nouveaux types de nœuds : les nœuds initiaux des poteaux intermédiaires, les nœuds extrêmes supérieurs, les nœuds finaux des poteaux intermédiaires et le nœud final du poteau central.

Nœuds initiaux des poteaux intermédiaires. Sélectionnez l'option **Liaison extérieure** du menu **Nœuds** puis, cliquez gauche sur les trois nœuds intermédiaires inférieurs. Ensuite cliquez droit pour ouvrir la fenêtre de définition des nœuds et sélectionnez '**Articulation**'.

Nœuds finaux des poteaux intermédiaires. Sélectionnez l'option **Liaison intérieure** du menu **Nœuds** puis, cliquez gauche sur les 2 nœuds supérieurs intermédiaires. Ensuite cliquez droit pour ouvrir la fenêtre de définition des nœuds et sélectionnez '**Encastrement**'. Activez maintenant l'option **Coefficients d'encastrement** du menu **Barre**, sélectionnez le poteau lié au nœud puis cliquez droit. Dans la fenêtre apparaissant introduisez 0 comme valeur des deux extrémités afin d'obtenir un appui type déplacement libre dans le plan ZY.

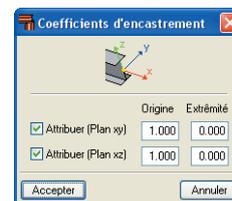


Fig. 2.39

Nœud final du poteau central. Suivez les mêmes étapes que précédemment.

Nœuds extrêmes supérieurs. Sélectionnez l'option **Liaison extérieure** du menu **Nœuds** puis, cliquez gauche sur les nœuds intermédiaires inférieurs. Ensuite cliquez droit pour ouvrir la fenêtre de définition des nœuds et sélectionnez '**Déplacement libre dans le plan ZY**'.

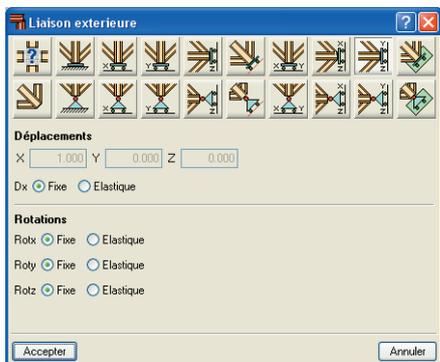


Fig. 2.40

En utilisant la méthode expliquée plus haut pour la définition des coefficients de flambement et de déversement, introduisez maintenant les coefficients de courbure des nouvelles barres indiqués dans le tableau de données des éléments.

Une fois les coefficients de flambement introduits via le menu **Barre > Flambement**, vous devez obtenir la Fig. 2.41 suivante :

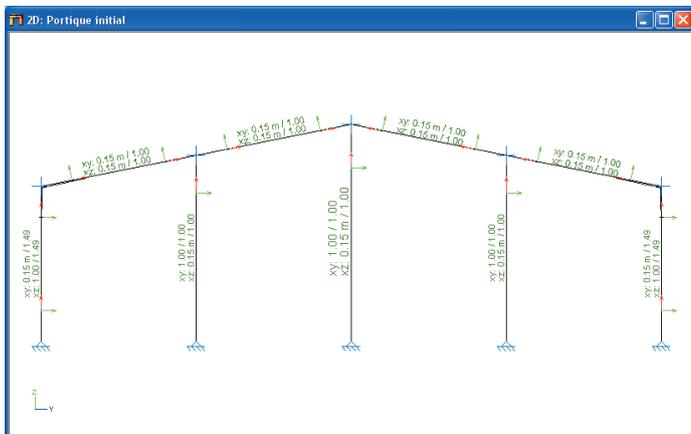


Fig. 2.41

Une fois les coefficients de moment et les distances d'étaieement des ailes supérieures et inférieures introduits via le menu **Barre > Déversement**, vous devez obtenir la Fig. 2.42 suivante :

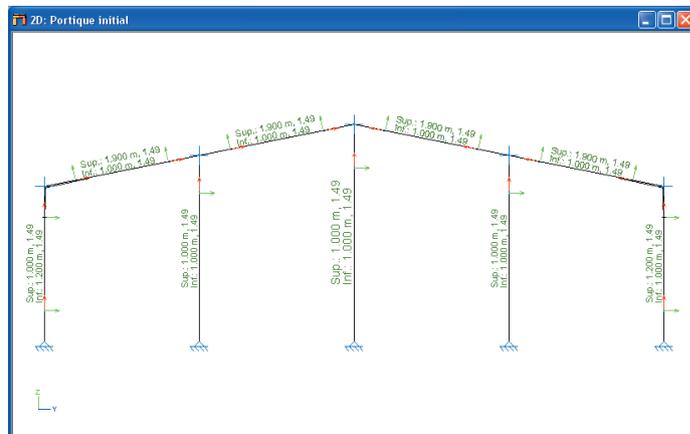


Fig. 2.42

Pour faciliter l'introduction des charges de l'hypothèse de vent latéral, il est nécessaire de dégroupier les portiques initial et final puisque sur l'un agit la pression et sur l'autre la succion du vent latéral.

Pour commencer, sélectionnez la vue 3D de toute la structure via le menu **Fenêtre**. Cliquez ensuite sur **Plans > Dissocier** et, dans la fenêtre apparaissant, choisissez **Plans Parallèles à YZ**. Sélectionnez le premier et le dernier portique et cliquez droit. Cliquez sur oui lorsque le programme vous demande si vous voulez dégroupier les plans sélectionnés.

Vous pouvez maintenant introduire les charges de l'hypothèse simple de **Vent latéral**.

Dans le menu **Charge**, sélectionnez **Hypothèses Vues**. Dans la fenêtre s'ouvrant, choisissez l'hypothèse de **Vent latéral** et acceptez. Ensuite cliquez sur **Charge > Intro-**

duire charges sur barres. Sélectionnez les trois poteaux intermédiaires du portique initial et cliquez droit. Dans la fenêtre apparaissant, choisissez le type de charge uniforme (sélectionné par défaut) et introduisez la valeur 0,22 t/m. Choisissez l'axe général suivant la direction et le sens de x et acceptez. Répétez les mêmes étapes pour les poteaux des extrémités en introduisant la valeur 0,11 t/m puis pour les trois poteaux intermédiaires et les deux extrêmes du portique final en introduisant respectivement les valeurs 0,11 et 0,055 t/m. Toutes ces valeurs sont présentes dans le tableau des charges.

Vous devez obtenir la figure suivante :

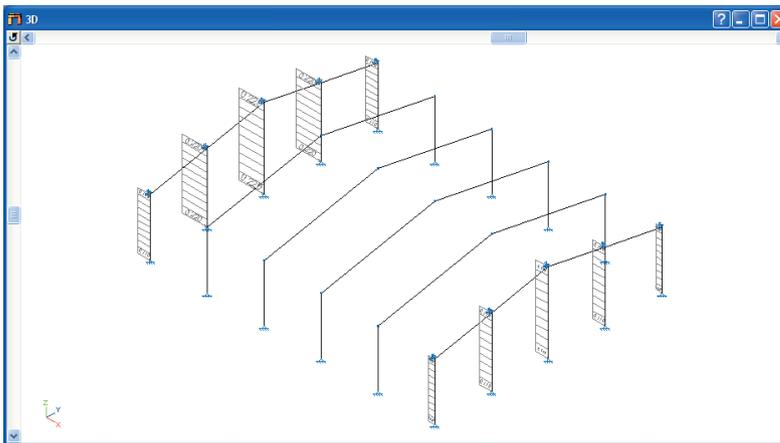


Fig. 2.43

Si vous avez suivi les étapes de l'exemple telles qu'elles sont données, les barres des portiques initial et final doivent être groupées. Dans le cas contraire, vous devez le faire manuellement. En effet, étant donné que l'exemple est symétrique et que seule une hypothèse de vent latéral a été ajoutée, il est logique de grouper les barres pour obtenir le même dimensionnement des profils. Pour grouper 2 à 2 tous les éléments des portiques initial et final, cliquez sur l'option **Grouper** du menu **Barre**, sélectionnez les deux

barres ayant la même position dans les portiques initial et final et cliquez droit.

Remarque : Grouper des barres revient à définir pour ces barres un même profil et un même matériau. Tous les autres paramètres restent indépendants.

L'étape suivante consiste à définir le type de matériau employé dans le calcul.

Pour cela, allez dans **Barre > Décrire matériau**, sélectionnez toutes les barres en traçant un rectangle autour de l'ouvrage avec la souris puis cliquez droit pour faire apparaître la fenêtre de description du matériau.



Fig. 2.44

Choisissez le matériau désiré et cliquez sur accepter.

La structure est maintenant introduite. Avant de continuer, sauvegarder l'ouvrage via le menu **Fichier**

> Sauver.

Vous pouvez choisir la norme avec laquelle le calcul sera effectué via l'option **Ouvrage > Normes.**

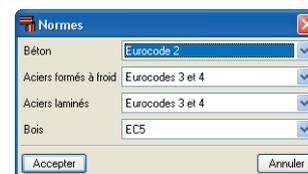


Fig. 2.45

Vous pouvez maintenant calculer la structure. Pour cela, utilisez l'option **Calcul** du menu **Calculer**. Dans la fenêtre s'ouvrant, le programme vous propose de dimensionner les profils. Pour notre exemple, cochez l'option '**Dimensionnement rapide des profils**' et acceptez.



Fig. 2.46

Une fois l'ouvrage calculé, vous pouvez faire apparaître les messages d'erreurs, s'il y en a, en cliquant sur **Afficher les messages d'erreurs** dans le menu **Calcul**. Vous pouvez également aller dans le menu **Calcul > Vérifier les barres**.

Si vous n'avez pas sélectionné l'option '**Dimensionnement des profils**' lors du calcul, les barres ne vérifiant pas un des critères de sécurité se dessineront en rouge. Vous pouvez cliquer dessus pour changer le profil (Fig. 2.47). Vous pouvez également relancer le calcul en dimensionnant le profil.

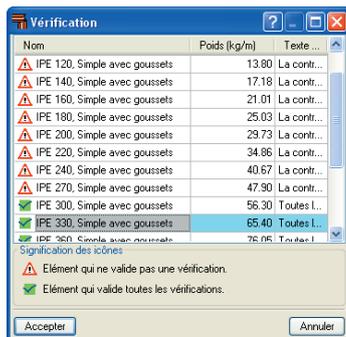


Fig. 2.47

Dimensionnez maintenant les plaques d'ancrage via le menu **Plaques d'ancrage > Dimensionner**. Vous pouvez ensuite visualiser et modifier les résultats en utilisant l'option **Editer** du menu **Plaques d'ancrage** et en cliquant sur la semelle désirée.

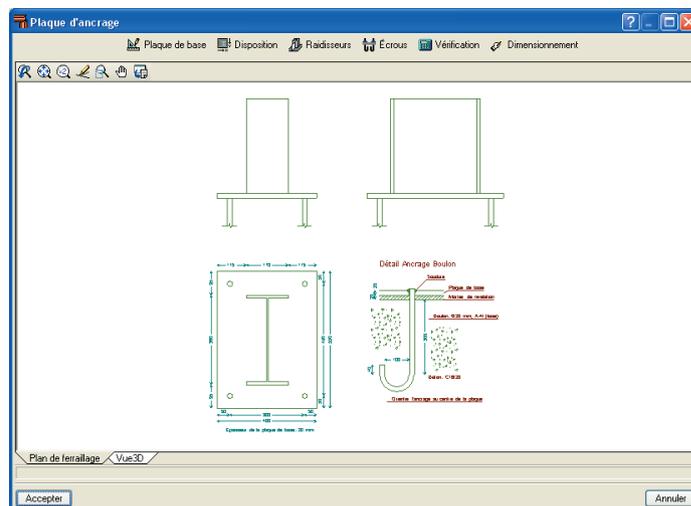


Fig. 2.48

Dans cette fenêtre, le programme présente la solution proposée pour la plaque de base, les boulons et les raidisseurs. Vous pouvez modifier la plaque selon vos critères et demander au programme de vérifier la nouvelle plaque via l'option '**Vérification**' présente en haut de la fenêtre.

Une fois le calcul et le dimensionnement de la structure terminés, vous pouvez obtenir les résultats par écrit avec l'option **Fichier > Imprimer > Récapitulatifs de l'ouvrage / Plans de l'ouvrage**.

Pour chaque vue générée et conservée dans le processus, vous pouvez solliciter le fichier au format DXF, pour une sortie sur imprimante ou en méta fichier.