

Exemples pratiques
CYPE 3D

CYPE 3D

Exemples pratiques



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 CYPE 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 prendre 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.

Windows ® est une marque registrada de Microsoft Corporation ®

Présentation	5
--------------------	---

1. Exemple pratique :

Étude d'un plancher en réhabilitation7

1.1. Description	7
1.2. Hypothèses de calcul	7
1.3. Installation préalable des exemples	7
1.4. Introduction des données	7
1.5. Import de fichier DWG et définition des éléments structurels ..	8
1.6. Introduction de poteau	9
1.7. Groupement des solives bois	11
1.8. Définition des profilés	11
1.9. Décrire la position du profil	11
1.10. Prise en compte du critère de flèche	12
1.11. Introduction des charges sur le plancher	12
1.12. Calcul de la structure	13
1.13. Vérification des barres	13
1.14. Génération des plans de projet	13
1.15. Récapitulatifs de l'ouvrage	14

2. Exemple pratique : Étude d'un hangar industriel 15

2.1. Description	15
2.2. Générateur de portiques	16
2.3. Exportation vers CYPE 3D	19
2.3.1. Charges générées par le logiciel	19
2.4. Gestion d'affichage	21
2.4.1. Gestion des calques	21
2.4.2. Création de nouvelles vues	21
2.4.3. Gestion des plans	21
2.4.4. Référence aux objets	22
2.5. Introduction des barres	22
2.5.1. Introduction des pièces	24
2.5.2. Introduction des tirants	24
2.6. Description des barres	25
2.7. Description de la position	25
2.8. Attribution des matériaux	26
2.9. Description des nœuds	26
2.10. Articuler les extrémités	26
2.11. Flambement	26
2.12. Déversement	27
2.13. Définition de la flèche	27
2.14. Hypothèses de charges	27
2.14.1. Ajouter des hypothèses de charges	27
2.14.2. Charges sur plancher	28
2.14.3. Charges de vent	29
2.15. Calcul et dimensionnement des structures	29
2.15.1. Vérification des barres	29
2.15.2. Vérifications des déplacements	30
2.16. Les assemblages	30
2.16.1. Génération et dimensionnement des assemblages ...	30
2.16.2. Edition de l'assemblage	31
2.16.3. Plaques d'ancrages	32
2.17. Fondations	32
2.17.1. Introduction des semelles et de longrines	32
2.17.2. Définition des caractéristiques du sol	33
2.17.3. Dimensionnement et vérification de la fondation	33
2.17.4. Egalisation	33
2.18. Sortie des résultats	33
2.18.1. Plans	33
2.18.2. Récapitulatifs	35

Présentation

CYPE 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. Exemple pratique : Étude d'un plancher en réhabilitation

1.1. Description

Le projet faisant l'exemple de ce manuel, est un plancher existant en bois de 6m de longueur et de 5m de largeur, appuyé sur un profilé métallique en I. Le profilé permet de soulager le plancher, et de reprendre de nouvelles charges dues à la mise en œuvre :

- d'un béton léger,
- d'une chape,
- d'un revêtement de sol,
- de cloisonnement,
- du faux plafond.

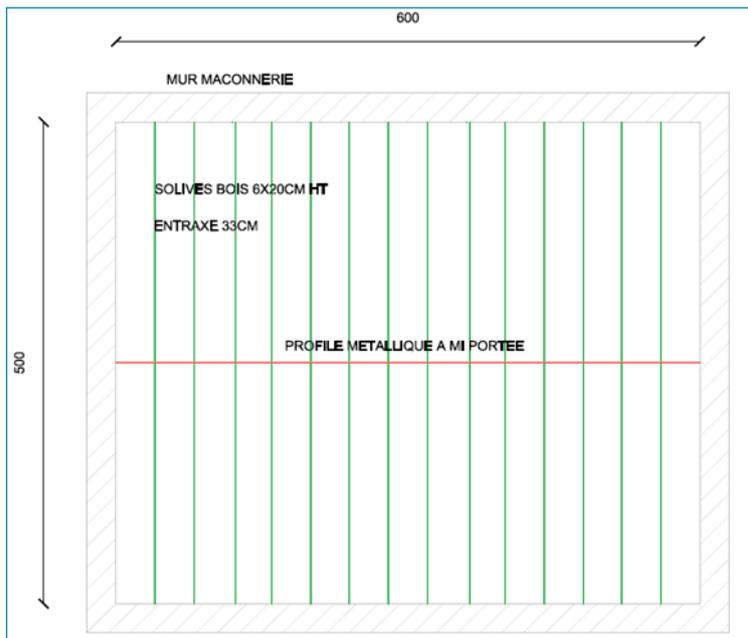


Figure 1.1 Vue en plan du plancher

1.2. Hypothèses de calcul

Nuance d'acier : S235

Charges permanentes :

- Poids propre du plancher existant :
 - solivage bois 6x20 entraxe = 33cm 20 kg/m²
 - augets plâtre 100 kg/m²
 - TOTAL 120 kg/m²
- Poids propre des nouvelles charges :
 - chape 4cm 70 kg/m²
 - revêtement sol 10 kg/m²
 - cloisonnement 50 kg/m²
 - faux plafond 15 kg/m²
 - TOTAL 145 kg/m²

Charges d'exploitations : 150 kg/m²

Flèche admissible L/300

1.3. Installation préalable des exemples

Afin d'avoir accès au fichier DWG de cet exemple, vous devez les installer en allant dans le menu 'Fichier' > 'Gestion Fichiers' de la fenêtre principale de CYPE 3D et en cliquant sur le bouton 'Exemples. Vous pourrez ensuite trouver les plans dans le répertoire 'C:\CYPE Ingenieros\Exemples\CYPE 3D\ Plancher réhabilitation.dwg'.

1.4. Introduction des données

Pour le dimensionnement de la structure, vous utiliserez le logiciel CYPE 3D.

Ouvrez CYPE 3D, et créez un nouvel ouvrage. Nommez-le, « Renfort sous plancher existant », vous pouvez mettre une description puis choisissez 'Ouvrage vide' et acceptez.

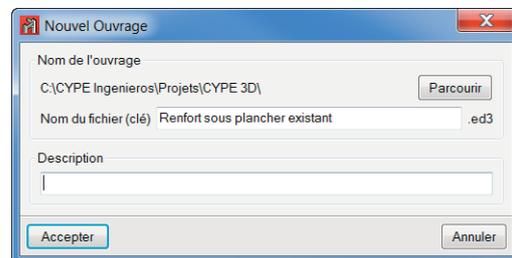


Figure 1.2 Création d'un nouvel ouvrage

Vous devez ensuite compléter les données générales du projet, pour lesquelles, vous indiquerez les normes utilisées dans les calculs (Acier laminé : EC 3-4 France, Bois : EC 5 France), les hypothèses de charge, et la nuance d'acier utilisée.

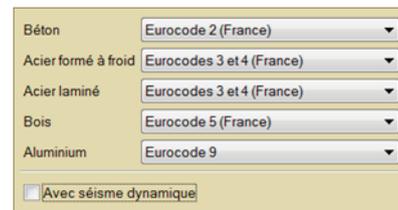


Figure 1.3 Sélection des normes

A partir du menu 'Hypothèses additionnelles', vous pouvez déclarer les charges (G1 pour les charges existantes, G2 pour les nouvelles charges et Q1 pour les charges d'exploitation) qui seront appliquées sur le plancher. Le poids propre des éléments est calculé automatiquement.



Figure 1.4 Génération des hypothèses de charges

Sur cette fenêtre, cliquez sur  afin d'ouvrir une nouvelle famille de charge permanente. En sélectionnant **Nouvelle hypothèse additionnelle**, créez 2 charges permanentes comme dans la figure ci-dessous. Une fois les différentes charges créées, vous pouvez indiquer la combinaison entre elles. Dans ce cas, vous aurez une simultanéité des charges existantes et nouvelles.

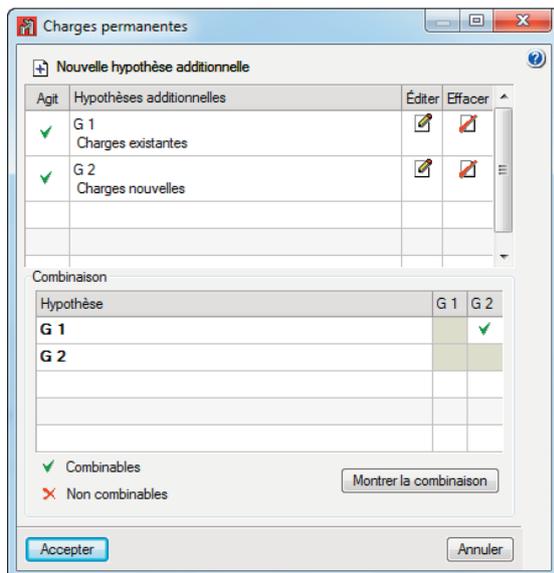


Figure 1.5 Génération de charges permanentes

Afin de définir la charge d'exploitation, il faut au préalable préciser la catégorie d'utilisation de l'ouvrage, cochez 'Habitations et zones résidentielles' puis accepter.

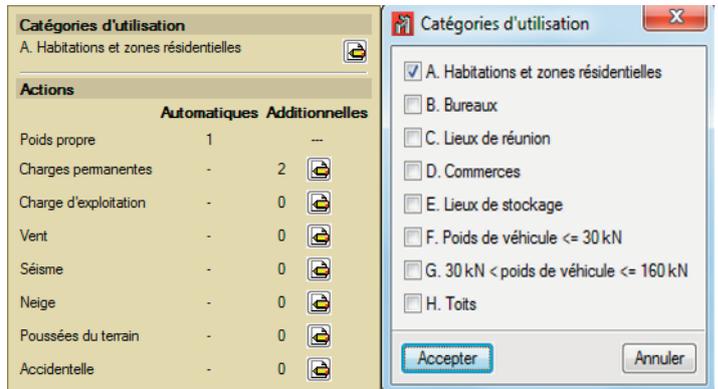


Figure 1.6 Définition de la catégorie d'utilisation

De la même façon que pour la définition des charges permanentes, créez une charge d'exploitation Q1 avec la description 'Charge d'exploitation'.

Sélectionnez, par la suite, une nuance d'acier S235 pour des profilés laminés dans l'entrée 'Acier' et cliquez sur suivant jusqu'à l'entrée 'Fondation', puis 'Terminer'.

1.5. Import de fichier DWG et définition des éléments structuraux

Le logiciel génère de façon automatique les barres lors de l'importation d'un fichier DXF ou DWG. Activez l'option dans le menu 'Barre' > 'Générer nœuds aux points de coupe', afin que le logiciel génère également les nœuds au niveau des points de rencontre des barres.

Pour introduire l'ouvrage sous format DWG dans CYPE 3D, allez dans le menu 'Ouvrage' > 'Import de fichier dxf et dwg'. Choisissez le fichier « Plancher en réhabilitation » dans le dossier C:\CYPE Ingenieros\Exemples\CYPE 3D', une fenêtre de sélection de calques s'ouvrira automatiquement. Activez les calques « Solives bois » et « Profilé acier milieu », en acceptant, vous aurez la disposition suivante :

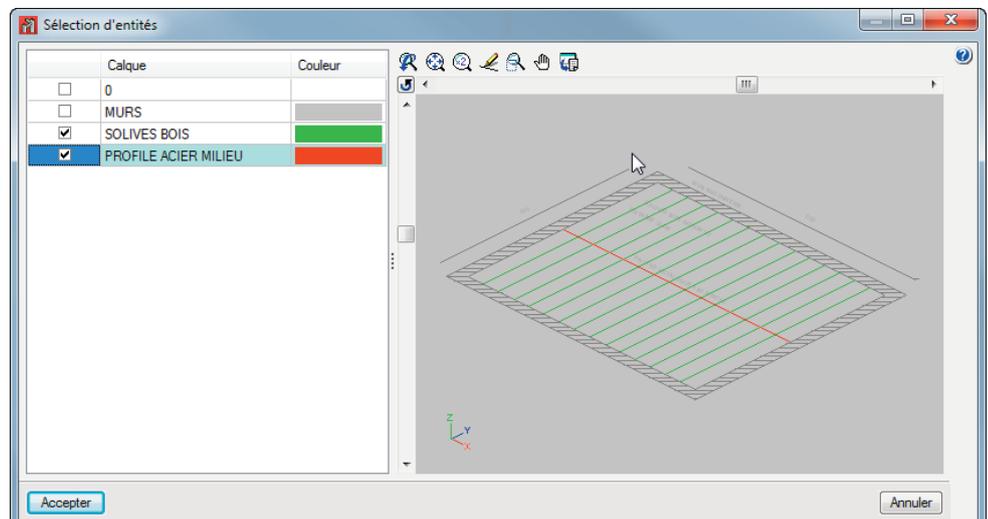


Figure 1.7 Importation du fichier DWG

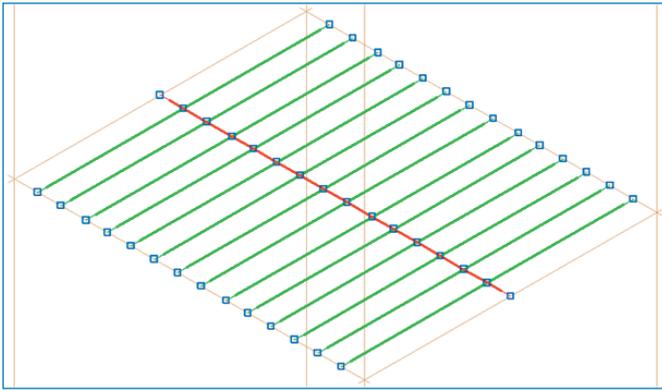


Figure 1.8 Génération des barres et nœuds dans l'espace de travail CYPE 3D

Vous pouvez créer une interface de travail 2D à partir du menu 'Fenêtre' > 'Ouvrir nouvelle', sélectionnez 'Vue 2D d'un plan perpendiculaire à l'axe X, Y ou Z'.

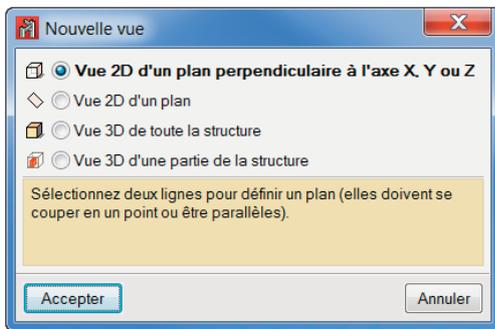


Figure 1.9 Nouvelle vue 2D

Choisissez 2 lignes perpendiculaires afin de définir un plan XY, en lui attribuant le nom « Plan 2D ».

Passez à la description des appuis (liaisons extérieures). Dans le menu 'Nœud' > 'Liaison extérieure', sélectionnez les nœuds extérieurs de la barre métallique, puis cliquez droit pour ouvrir la boîte de dialogue 'Liaison extérieure' dans laquelle vous sélectionnez 'Déplacement libre dans la direction X'. Pour les solives bois, le déplacement libre sera selon l'axe Y.

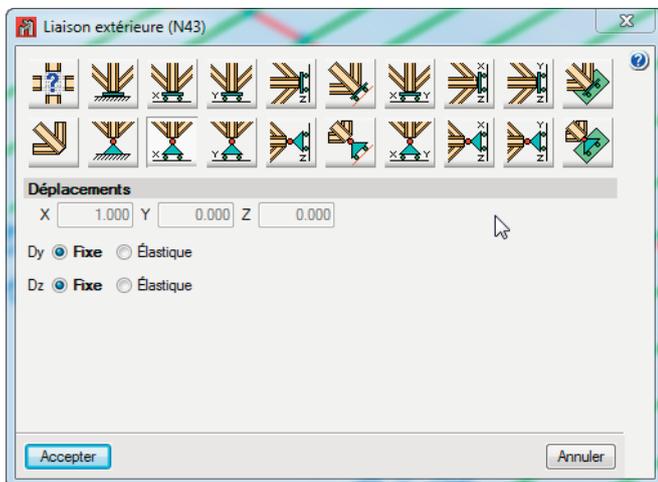


Figure 1.10 Liaison extérieure

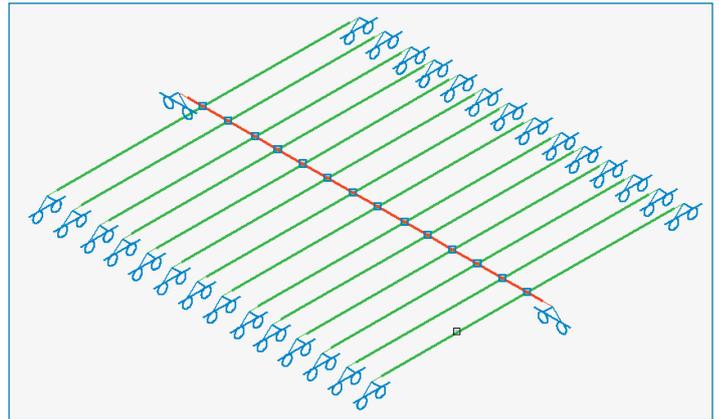


Figure 1.11 Modélisation après définition des liaisons extérieures

Utilisez l'option 'Nœud' > 'Liaison intérieure', sélectionnez les nœuds de contact entre la barre métallique et les solives bois, puis cliquez droit pour ouvrir la boîte de dialogue 'Liaison intérieure' dans laquelle vous sélectionnez 'Nœud articulé' :

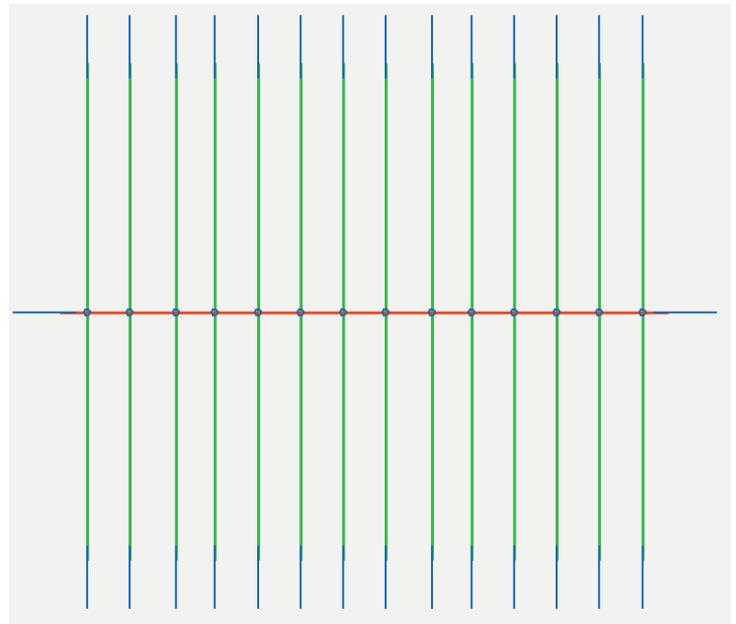


Figure 1.12 Modélisation après définition des liaisons intérieures

1.6. Introduction de poteau

Revenez ensuite à la vue 3D afin d'introduire un poteau de 3m de hauteur à partir du centre de la poutre métallique. Pour cela, sélectionnez l'option 'Barre' > 'Nouveau', cliquez sur l'outil afin d'éditer et sélectionner le profilé à introduire. Dans ce projet, vous allez modéliser un poteau au milieu de la poutre métallique afin de réduire la hauteur de celle-ci (contrainte architectural). Choisissez un profilé HEA 200 pour le poteau, un profilé IPE pour la poutre 180, et des profilés rectangulaires pleins pour les solives en bois.

Commencez par importer les séries de profilés IPE et HEA, à partir de l'outil 'Éditer la liste des éléments', cliquez par ensuite sur le bouton 'Importer les séries de profilés prédéfinies', et sélectionnez la bibliothèque d'ArcelorMittal, et activez les profilés IPE et HEA.

Une fois la série des profilés importée, sélectionnez le profil HEA 200, et commencez l'introduction du poteau en activant l'outil d'accrochage 'Point milieu' à partir de l'option 'Références aux objets' présente dans la barre d'outils .

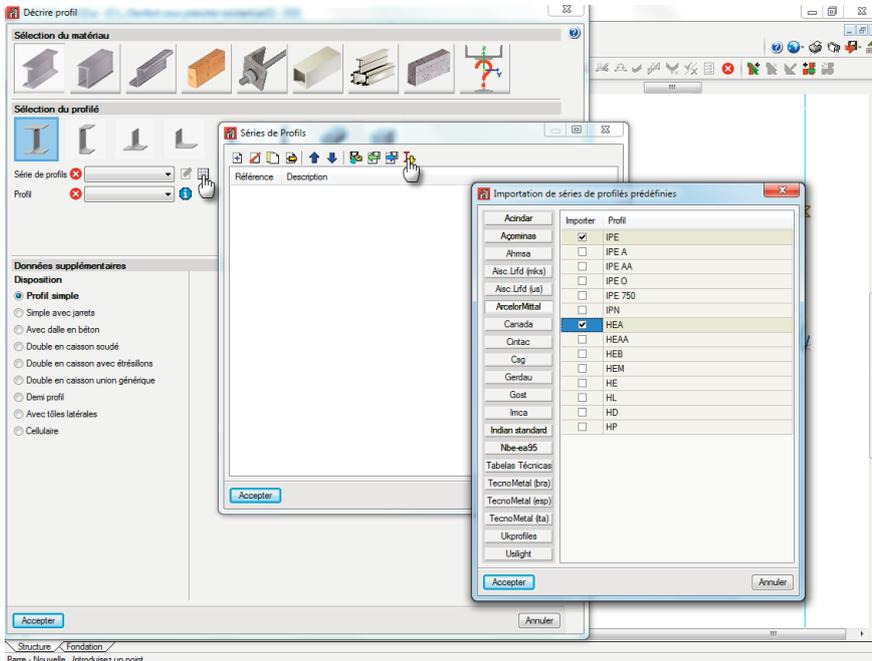


Figure 1.13 Importation des profilés

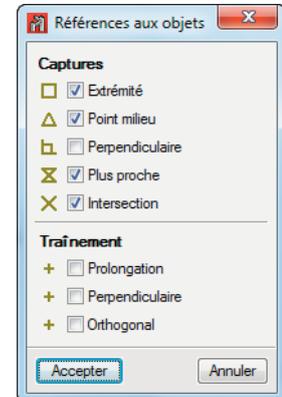


Figure 1.14 Référence aux objets

Modélisez le poteau de 3m de hauteur à partir du centre de la poutre métallique. Placez le curseur au milieu de la barre N20/N23, cliquez gauche afin de spécifier la longueur du poteau (3m) et acceptez. Articulez le nœud extérieur et intérieur du poteau comme vous le montre la figure suivante :

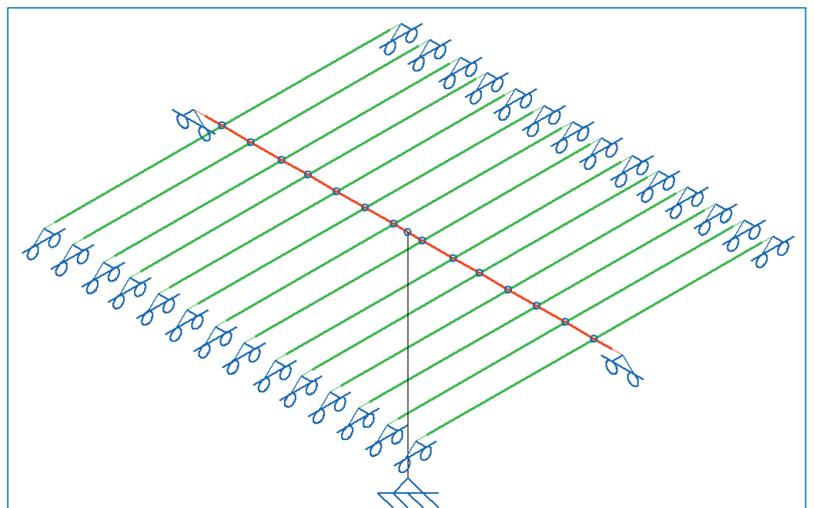


Figure 1.15 Modélisation du poteau

1.7. Groupement des solives bois

L'option 'Barre' > 'Grouper' vous facilite la description de la barre et l'introduction des charges. Toutes les barres du groupe seront définies avec le même profilé. Sélectionnez donc toutes les solives et cliquez droit afin de valider le groupement.

Vous pouvez utiliser les différentes vues pour une sélection plus facile. Ici, vous utiliserez la vue 2D pour sélectionner toutes les barres avec une fenêtre de droite à gauche (tous les éléments « touchés » sont sélectionnés)

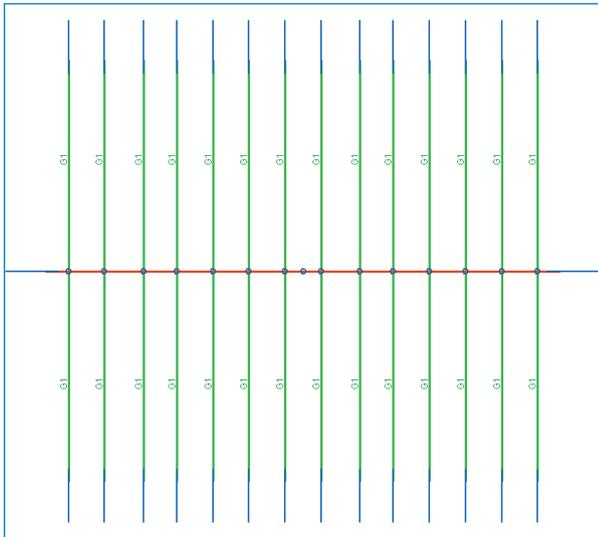


Figure 1.16 Groupement des solives bois

1.8. Définition des profilés

Cette étape consiste à décrire les types de profilés et de matériaux à attribuer pour la poutre métallique et les solives importées. Utilisez l'option 'Barre' > 'Décrire profil'. Pour commencer, sélectionnez la poutre métallique puis cliquez droit pour sélectionner le profil IPE 180.

Importez la bibliothèque des profilés bois 'Vigas-60', et attribuez le 'V200x60' pour les solives bois du plancher.

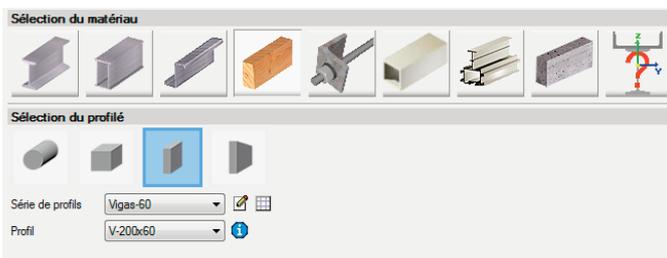


Figure 1.17 Définition des solives en bois

1.9. Décrire la position du profil

Pour finir la modélisation, vous devez décrire la position des barres les unes avec les autres. Ici, votre profilé métallique sera placé au-dessous des solives bois existantes. Pour ceci, allez dans 'Barre' > 'Décrire position'. Pour les solives bois, vous devez placer le point fixe dans la partie inférieure au centre du profil.

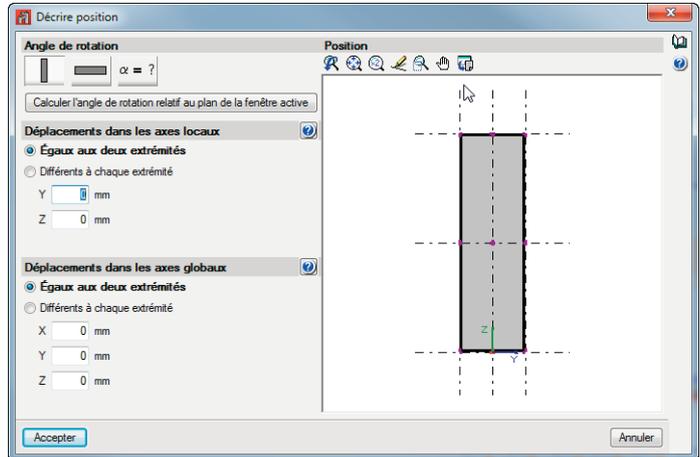


Figure 1.18 Définition du point fixe de la solive

Pour le profilé métallique, vous choisissez la partie supérieure au centre du profil. Vous pourrez également vérifier l'orientation du profil.

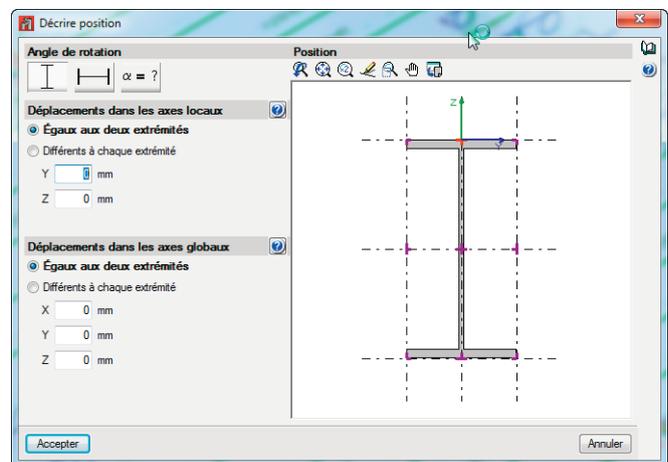


Figure 1.19 Définition du point fixe de la poutre métallique

Vous pouvez consulter la disposition dans 'Ouvrage' > 'Vue 3D' > 'Structure complète'.

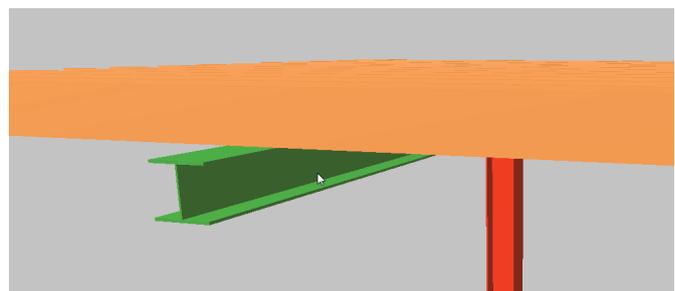


Figure 1.20 Vue 3D du projet

1.10. Prise en compte du critère de flèche

Commencez par la création d'un groupe de flèche au niveau du profilé métallique, à partir du menu 'Barre' > 'Créer groupes de flèche', et en sélectionnant par la suite les nœuds extérieurs du profilé. Dans cet exemple, on vérifiera la flèche sécante au niveau du plan XZ.

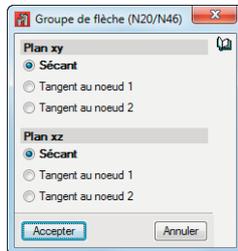


Figure 1.21 Définition du groupe de flèche

Dans l'option 'Barre' > 'Flèche limite', vous pouvez définir la valeur de flèche limite pour la poutre métallique. Pour cela, attribuez une flèche maximale relative de $L/300$ dans le plan XZ du profilé.

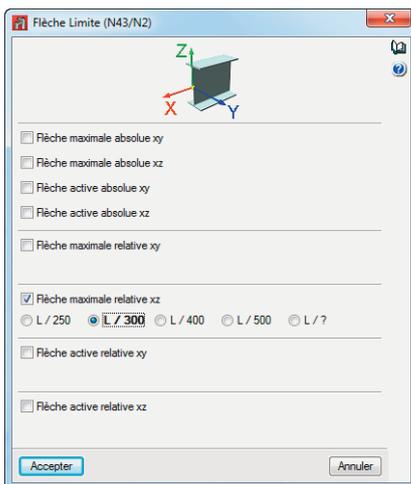


Figure 1.22 Flèche limite

1.11. Introduction des charges sur le plancher

Une fois la définition des barres terminée, vous pouvez passer à l'introduction des charges.

Pour introduire le panneau (surface) où les charges seront appliquées, allez dans le menu 'Charge' > 'Introduire panneaux' et sélectionnez les points formant le contour du plancher puis cliquez sur le bouton droit. Ensuite vous devez choisir la direction de distribution pour les charges sur le plancher. Vous devez sélectionner une ligne parallèle à l'axe (également parallèle au sens de la poutre métallique).

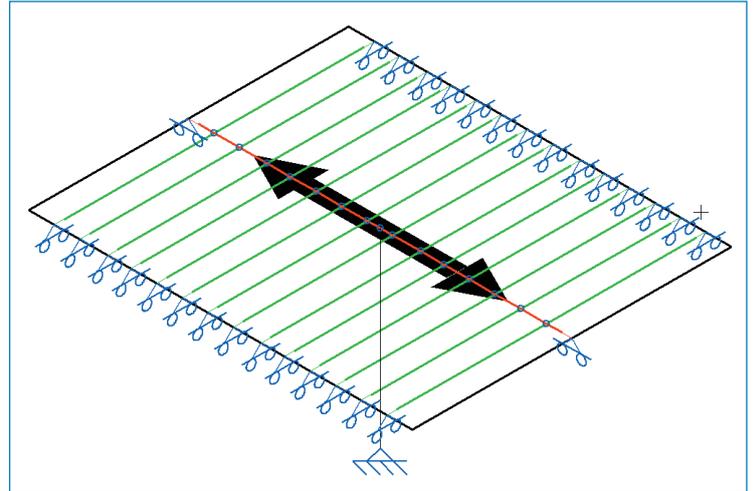


Figure 1.23 Modélisation d'un panneau

Une fenêtre apparaîtra pour l'introduction des charges. Ajoutez trois hypothèses de charges. Dans le menu déroulant vous trouverez les hypothèses introduites lors la création du projet (ou dans 'Ouvrage' > 'Action'). Indiquez la valeur pour chaque hypothèse :

- le poids du plâtre (le poids propre des profilés bois est généré automatiquement) dont la valeur est de 1 KN/m^2 ,
- la charge liée au poids des nouvelles charges = 1.45 KN/m^2 ,
- la charge d'exploitation de 1.5 KN/m^2 .

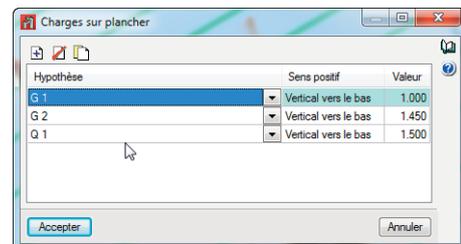


Figure 1.24 Introduction des charges

1.12. Calcul de la structure

Une fois toutes les étapes précédentes réalisées, vous pouvez calculer la structure et commencer la phase de dimensionnement. Pour cela, allez sur le menu 'Calcul' > 'Calculer'. L'option 'Vérification des profils' permet de vérifier le pré-dimensionnement.

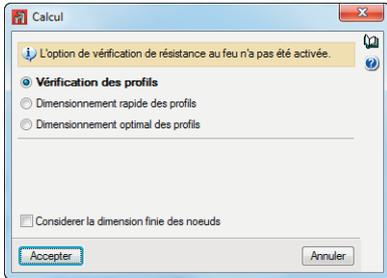


Figure 1.25 Vérifications des profils

1.13. Vérification des barres

Après le processus de calcul, sélectionnez l'option 'Calcul' > 'Vérifier les barres'. Vous remarquerez que tous les profils sont en vert, ce qui signifie que tous les profilés vérifient l'état de charge actuelle, vous allez maintenant optimiser les dimensions de la poutre et du poteau métallique. Cliquez dans la partie centrale de la poutre (partie la plus défavorable), vous pouvez constater les différentes vérifications vis-à-vis de la résistance et de la flèche que le logiciel a effectuées pour chaque profilé de la famille. Sélectionnez l'IPE 140, le premier qui vérifie toutes les conditions.

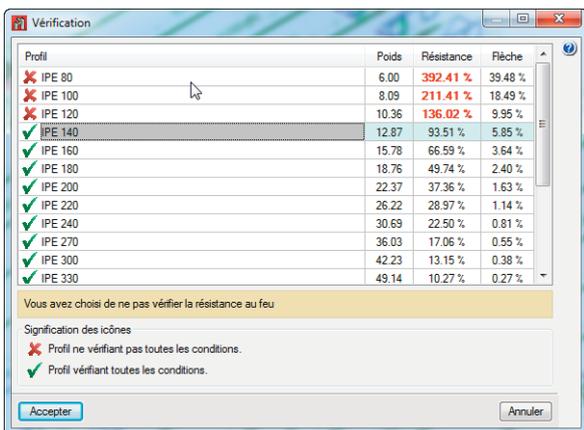


Figure 1.26 Vérification de la poutre métallique

De la même façon, pour le poteau métallique, vous choisissez le HEA 100.

Vous pouvez visualiser pour chaque barre, la liste des vérifications aux ELU à partir du menu 'Calcul' > 'Vérification ELU', pour constater sous quels efforts et pour quelles combinaisons d'actions les vérifications ont été réalisées. Vous pouvez voir la liste de toutes les vérifications, et par la suite, visualisez une liste détaillée des calculs.

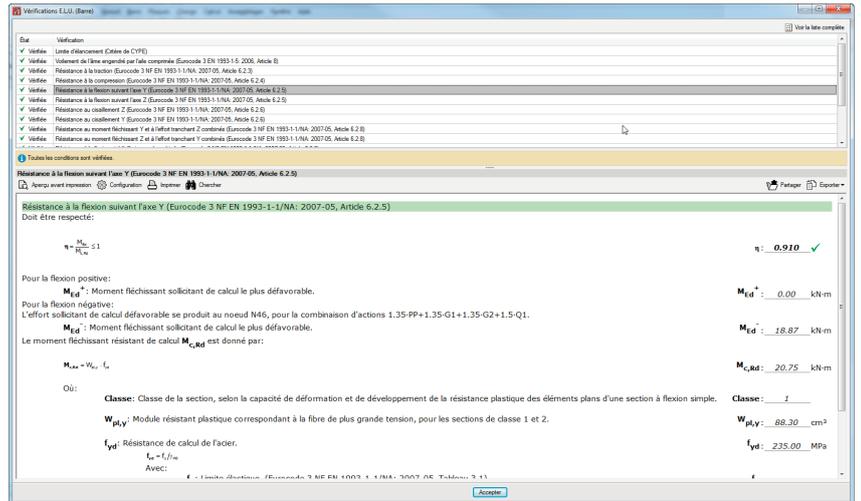


Figure 1.27 Vérifications E.L.U

1.14. Génération des plans de projet

Une fois le projet finalisé, vous pouvez passer à la génération des plans. Cliquez sur l'icône (en haut à droite de l'écran) ou dans le menu 'Ouvrage' > 'Imprimer' > 'Plans de l'ouvrage', une fenêtre de sélection des plans apparaîtra.

Cliquez sur afin d'éditer les plans de l'ouvrage. Choisissez les vues et les informations que vous souhaitez afficher. Vous pouvez imprimer directement ces plans ou les générer comme un fichier DXF pour un post-traitement.

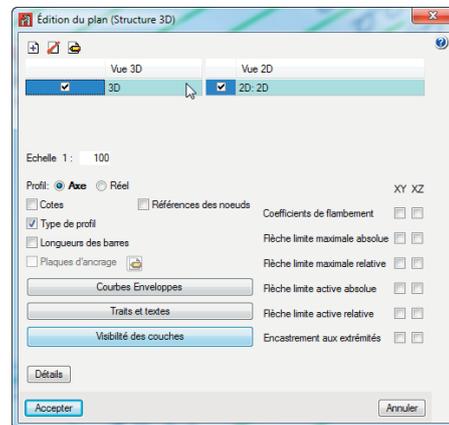


Figure 1.28 Edition du plan

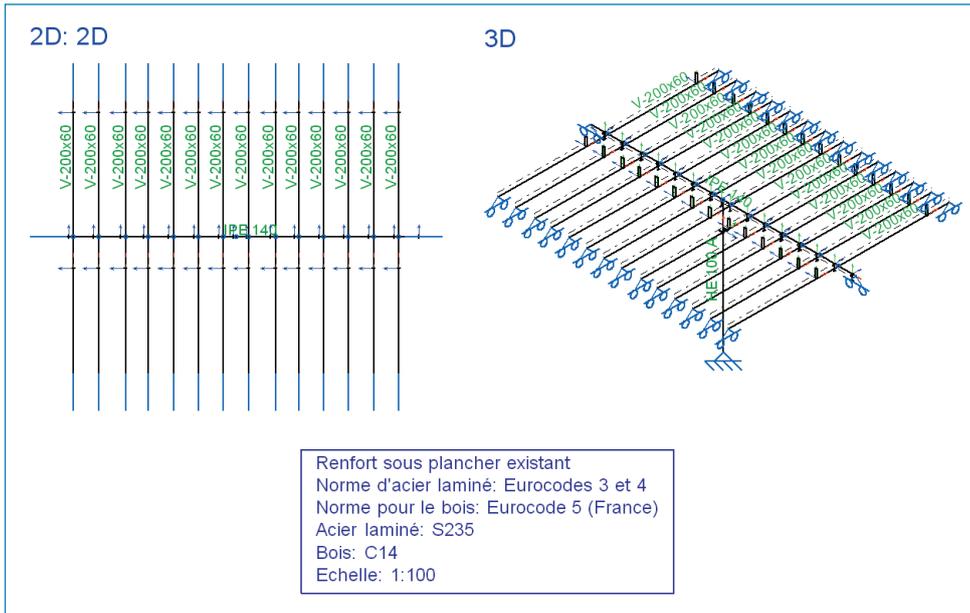


Figure 1.29 Affichage du plan

1.15. Récapitulatifs de l'ouvrage

A partir du menu 'Fichier' > 'Imprimer' > 'Récapitulatifs de l'ouvrage', vous pouvez récupérer toutes les informations de calcul. Vous pouvez trier et personnaliser le contenu. Par exemple, le détail des combinaisons utilisées dans le calcul, les vérifications effectuées au niveau des différents profilés, le chargement appliqué sur chaque barre, et le résumé quantitatif des aciers. Ce fichier peut être exporté sous format Word ou PDF.

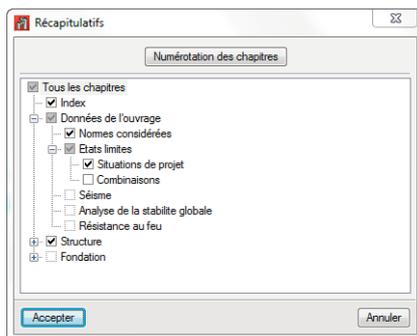


Figure 1.30 Récapitulatifs

2. Exemple pratique : Étude d'un hangar industriel

2.1. Description

Pour cet exemple, vous réalisez le calcul et le dimensionnement d'un hangar industriel de 40m de longueur et 20m de largeur. Il possède 9 portiques espacés de 5m entre eux avec une hauteur au faîtage de 10m et de 8m pour les poteaux latéraux. A l'intérieur du hangar le plancher des bureaux est situé à 4m de hauteur. Une ouverture de 6m de hauteur et 4.5m largeur est présente sur le côté latéral gauche.

Aux extrémités des arbalétriers des butons sont mis en place. Les deux portiques de chaque côté sont contreventés avec une croix de Saint-André. Les portiques extérieurs ont des potelets pour résister à la charge de vent.

La première chose à faire est de déterminer les hypothèses de charges agissantes sur la structure.

• Charges permanentes :

- Poids propre des pannes 'SIGMA',
- Matériau de bardage et couverture (Bardage métallique double peau = $0,10 \text{ kN/m}^2$),
- Poids propre du plancher de poutrelles en béton : $(25+5) : 3.7 \text{ kN/m}^2$,
- Revêtement : $1,2 \text{ kN/m}^2$.

• Charges d'exploitation :

- D'après le tableau 6.2 de la norme ENV 1991-2-1, la charge d'exploitation correspondant à une catégorie d'utilisation B (Bureaux) est de 2.0 kN/m^2 ,
- La charge d'exploitation de couvertures accessibles uniquement pour l'entretien, avec une pente $< 20^\circ$ est de 0.4 kN/m^2

• Action du vent :

- D'après l'EC1 partie 2-4 : Département Ille-et-Vilaine : Zone 2

• Surcharge de neige :

- D'après l'EC1 partie 2-3 : Zone 1A.

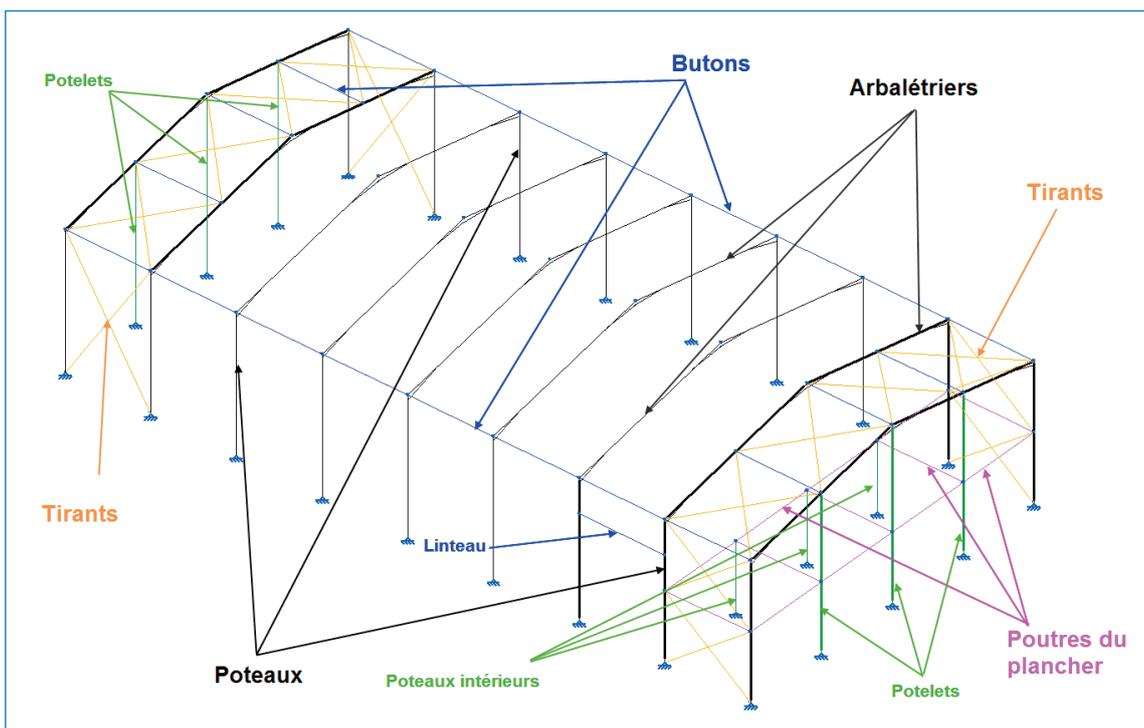


Figure 2.1 Description du hangar

2.2. Générateur de portiques

Pour le dimensionnement des pannes en toiture et la génération des charges dans CYPE 3D, vous utiliserez le logiciel Générateur de portiques de CYPE Ingenieros.

Ouvrez le programme Générateur de portiques et créez un nouvel ouvrage que vous pouvez nommer « Hangar_01 ». Dans la description, vous pouvez ajouter « Ouvrage de l'exemple ».

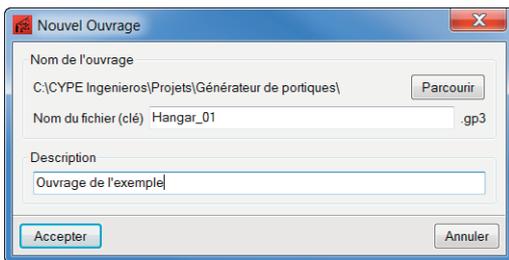


Figure 2.2 Génération d'un nouvel ouvrage

Ensuite, le logiciel demandera 'Voulez-vous introduire un nouveau portique ?' et cliquez sur 'Oui' pour introduire la géométrie du portique.

Pour cet exemple, laissez l'option de portique rigide sélectionnée dans le menu déroulant 'Type de couverture'. Modélisez un portique à 2 pentes comme sur la figure ci-dessous et complétez les données géométriques de ce dernier. Les côtes peuvent être modifiées en cliquant dessus.

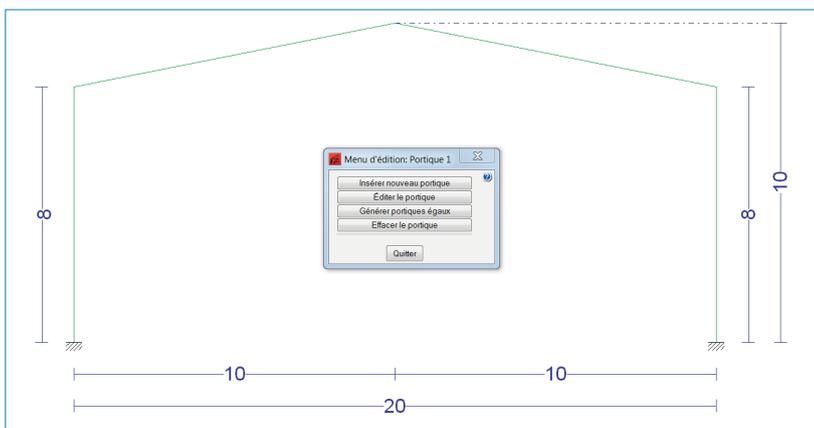


Figure 2.3 Génération du portique

Une fois la boîte de dialogue acceptée, le portique décrit apparaîtra à l'écran, pour le rectifier ou le modifier, cliquez sur le portique. Vous pouvez également ajouter d'autres portiques

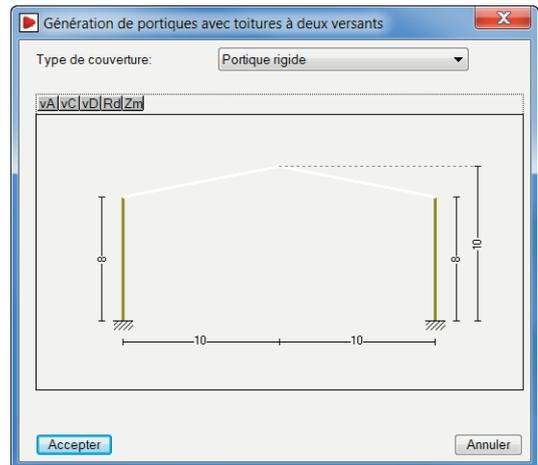


Figure 2.4 Modification du portique

Vous allez ensuite compléter les champs de la fenêtre 'Données générales' > 'Données générales de l'ouvrage', dans laquelle vous indiquerez le nombre de travées que comporte le hangar, 8 dans pour ce projet, la séparation entre eux (5m) et le poids du matériau de la couverture.

Activez les cases 'Avec clos et couvert en couverture' et 'Avec clos et couvert en latéral'. Introduisez ensuite la valeur des charges des panneaux sandwichs, qui seront renseignée comme 'Poids des éléments' avec une surcharge (charges d'exploitation) pour l'entretien.

Renseignez la catégorie d'utilisation de cette surcharge comme 'H. Toits'.

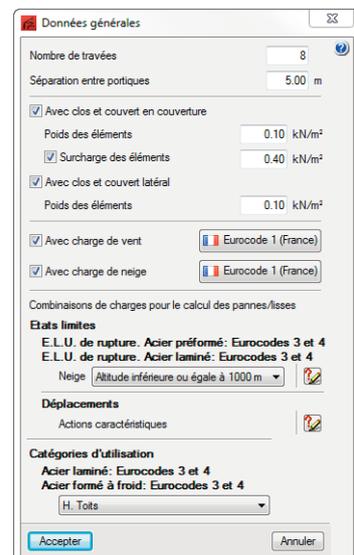


Figure 2.5 Données générales

Cochez la case 'Avec charge de vent' pour activer les charges de vent selon la norme que vous souhaitez.

Complétez les données de vent en sélectionnant la région 2, la catégorie IIIb, une orographie plane. Le période de service sera estimé à 50 ans.

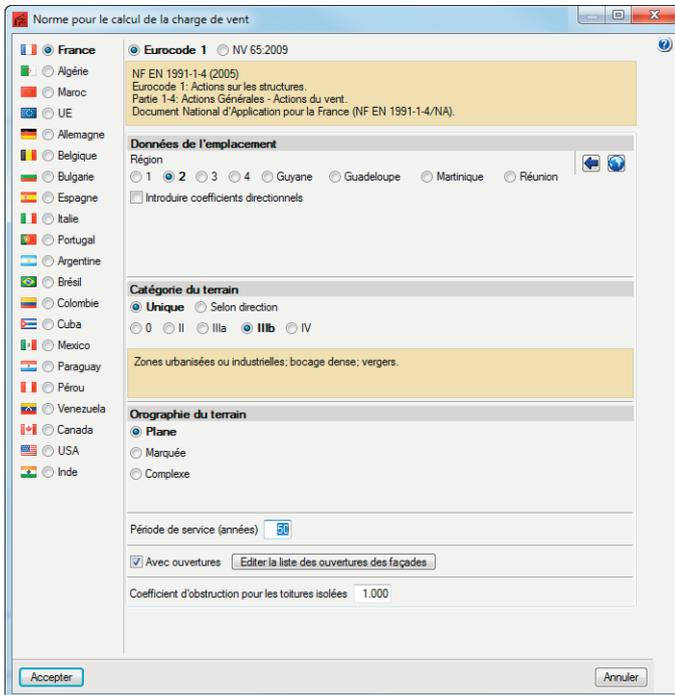


Figure 2.6 Charges de vent

Pour déterminer l'emplacement de l'ouvrage, vous pouvez utiliser l'icône , pour sélectionner la région du projet ou cliquez sur la flèche bleu pour ouvrir un assistant de sélection.

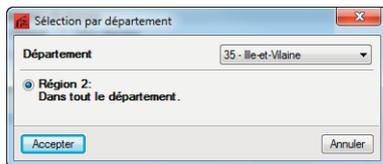


Figure 2.7 Sélection par départements

Vous pouvez spécifier des ouvertures dans les façades en renseignant avec l'aire totale et la hauteur maximale. Vous devez indiquer si ces ouvertures sont ouvertes en permanence ou non (dans le cas où elles peuvent être fermées), le logiciel génère deux nouvelles hypothèses pour chaque action de vent : une pour le cas figure d'une pression maximale et l'autre pour suction.

Dans cet exemple, décrivez une entrée principale comme indiqué dans l'image ci-dessous. Pour cela, activez la case 'Avec ouvertures toujours ouvertes'.

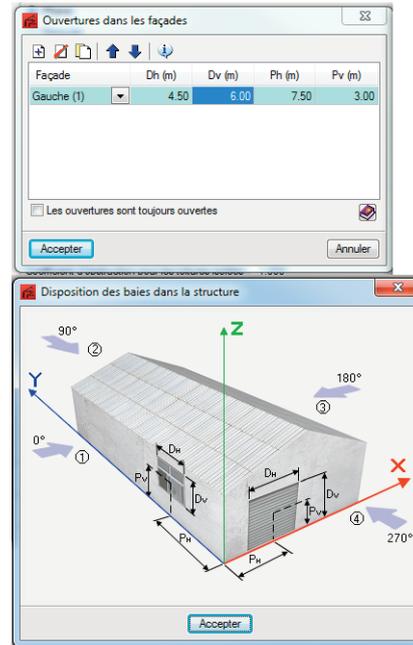


Figure 2.8 Ouvertures dans les façades

Vous devez également renseigner la charges de neige en cochant la case 'Avec charge de neige' La figure suivante vous indique comment compléter la fenêtre.

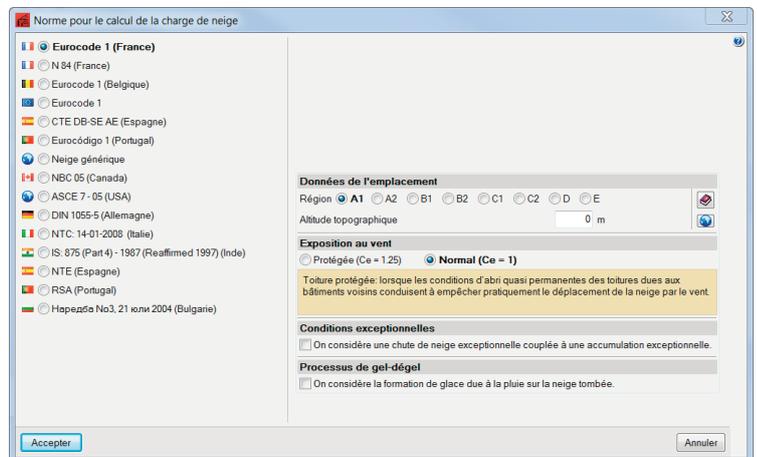


Figure 2.9 Charges de neige

Pour le dimensionnement des pannes de la couverture et de lisses du mur, sélectionnez l'option 'Données générales' > 'Edition des pannes et des lisses' et introduisez la limite de flèche à vérifier, le nombre de travées que couvre la panne et le type de fixation.

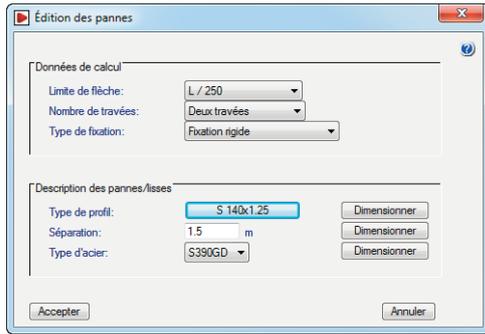


Figure 2.10 Edition des pannes

Dans la partie type de profil, cliquez sur le profil. Vous sélectionnez la famille 'SIGMA' de 'Sadef'. Choisissez 'Profil en acier formé à froid', puis le type 'Canal avec âme raidi' type 'SIGMA' chez 'Sadef'.

Vous devrez importer ce type de profil, pour cela cliquez sur l'icône 'Éditer la liste des éléments', vous pouvez définir vos propres profilés, ou bien importez des séries de profilés proposées par le logiciel sous forme de bibliothèques. Pour cela, cliquez sur le bouton 'Importer les séries de profilés prédéfinies', une fenêtre s'ouvrira, montrant les bibliothèques des fabricants présentes dans le logiciel.

Acceptez et choisissez le type 'S140x1.25'.

Le résultat s'affichera sous forme de liste dans laquelle apparaîtra le profil, le poids surfacique des pannes et leur séparation. Les éléments ne vérifiant pas toutes les conditions seront indiqués. Pour sélectionner un profil de la liste, vous devez double cliquer sur la ligne que vous désirez sélectionner qui se marquera en bleu et accepter la fenêtre afin que les données introduites soient prises en compte dans l'ouvrage. Lorsque vous réalisez cette sélection, vous devez vérifier que la séparation sélectionnée est valide pour le type de panneau sandwich avec lequel le projet va être exécuté.

Dans cet exemple, vous choisissez une séparation de 1,50 m, indiquez également le type d'acier 'S390GD' et vous utilisez la première option d'optimisation.

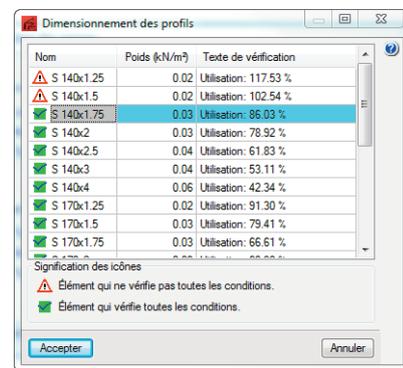


Figure 2.12 Dimensionnement des profils

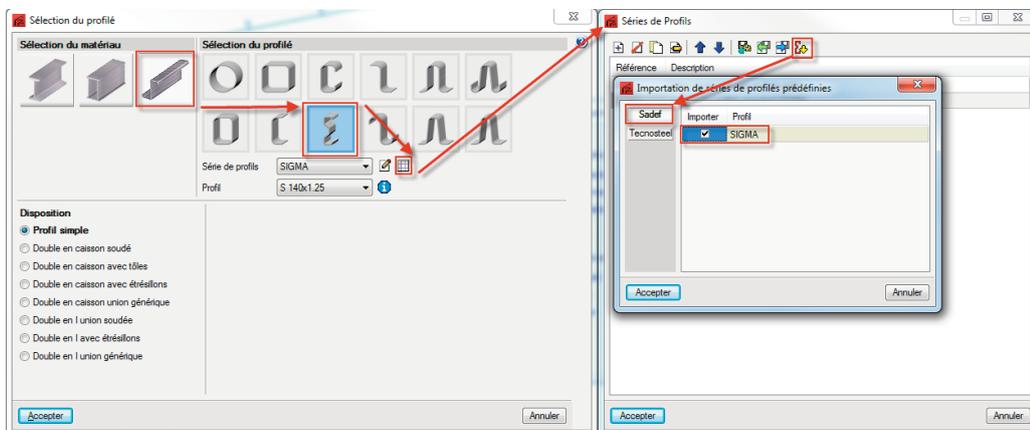


Figure 2.11 Sélection du profilé

Une fois le profil type pour les pannes en couverture sélectionné, vous disposez de trois options pour l'optimiser.

- La première option optimise le profil pour la séparation et le matériau indiqué. Dans ce cas, le logiciel vérifie tous les profils de la série sélectionnée.
- Avec la seconde, ce sont les séparations qui sont optimisées pour le profil et le matériau sélectionné.
- Pour finir, la dernière option optimise le profil et la séparation. Vous devez indiquer les séparations minimales et maximales à vérifier ainsi que l'augmentation de séparation pour chaque itération.

De façon identique, vous dimensionnez la séparation des lisses, choisissez le type de profilé 'Sigma CEE' du type 'U formé à froid raidi'.

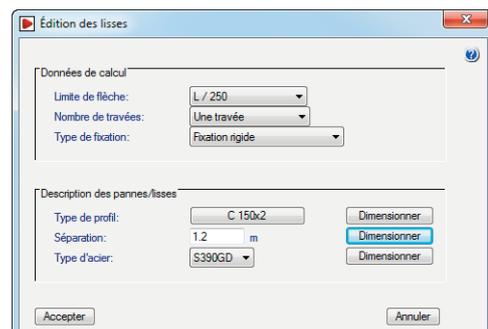


Figure 2.13 Edition des lisses

2.3. Exportation vers CYPE 3D

Une fois les pannes et lisses dimensionnées, vous pouvez exporter les données vers CYPE 3D à partir de l'option 'Données générales' > 'Export vers CYPE 3D'.

Vous devez sélectionner le type d'appui et le comportement au flambement. Pour ce projet, les portiques seront 'bi-articulés' et ne sont pas contreventés dans leur plan, au vu de leur géométrie, sélectionnez 'Flambement dans les ossatures à nœuds déplaçables'.

Le logiciel réalise deux types d'exportation, pour l'exemple, vous exporterez l'ensemble des portiques 'Génération portiques 3D' pour le dimensionnement complet du hangar.

L'option 'Portique isolé (2D)' permet un dimensionnement rapide du portique souhaité, cela reste une simplification des étapes à venir. Pour un pré-dimensionnement rapide du hangar vous pouvez exporter le portique 2D (le plus sollicité). Vous devez décrire le profil (chapitre 2.6), ajouter le bracon (chapitre 2.12) et lancer un calcul de dimensionnement optimal des barres (chapitre 2.14) et de vérification des barres et des déplacements (chapitre 2.15). Vous obtenez un pré-dimensionnement :

- Poteaux : HEA 340
- Arbalétriers : IPE 450

Pour les options de groupement, de cet exemple choisissez de 'Ne pas grouper les plans' car il faudra modéliser ensuite le plancher intermédiaire à l'intérieur du bâtiment et seule cette option vous permettra de le faire aisément. De plus vous verrez ensuite dans CYPE 3D comment réaliser des groupements de barres qu'à dimensionner aux mêmes dimensions.

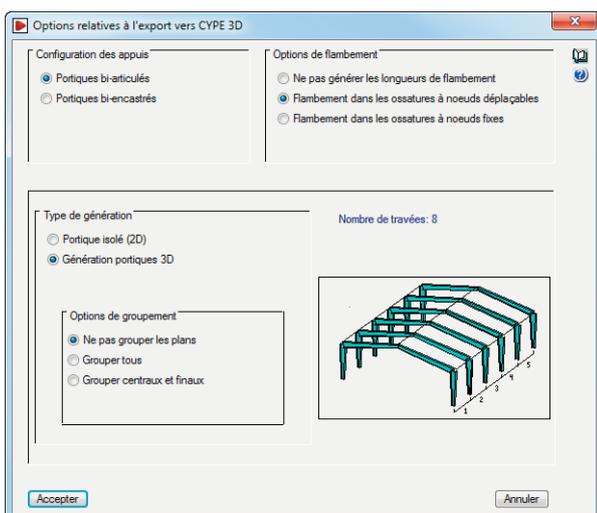


Figure 2.14 Export vers CYPE 3D

2.3.1. Charges générées par le logiciel

Le logiciel génère les hypothèses de charge permanente, charge d'exploitation, charge de vent et de neige.

• Charges permanentes

Le logiciel génère les charges permanentes dues au poids propre des pannes et les éléments de couverture, sous la forme de charges surfaciques par m² de couverture.

Sur CYPE 3D, il faut créer la charge permanente du plancher, et l'ajouter à l'hypothèse des charges permanentes.

• Charges d'exploitation

Par la définition de la surcharge de 0.4 KN/m² au niveau de la couverture, le logiciel génère les hypothèses et les actions de chargement.

Par la suite, dans CYPE 3D, il faut définir l'hypothèse de charges d'exploitation liée à la catégorie d'utilisation (B : Bureaux), pour le plancher, en indiquant sa charge correspondante.

• Les hypothèses de vent

Dans le hangar, le vent peut souffler dans les quatre directions 0°, 90°, 180° et 270°. Cela signifie qu'il existe au minimum quatre hypothèses de vent. Comme la couverture du hangar de cet exemple forme un angle avec l'horizontal de 11.3°, on remarque que pour cette inclinaison, deux situations de charges sont générées en couverture, ce qui implique que les hypothèses de vent à 0° et 180° sont dupliquées pour étudier ces situations.

Puisque les ouvertures ont été définies comme ouverte en permanence, cela implique qu'il n'y aura pas à dupliquer les hypothèses de charges dans les directions où se trouvent les ouvertures.

• Les hypothèses de neige

Le logiciel détermine la surcharge de neige en fonction de l'altitude et de la zone climatique en hiver. Il y aura 3 hypothèses de charge de neige en exportant le projet dans CYPE 3D.

En acceptant la boîte de dialogue, il faut parcourir les fenêtres afin de définir les données de l'ouvrage, vous avez la possibilité d'accepter les paramètres proposés par le logiciel en cliquant sur suivant, puisqu'ils peuvent être modifiés par la suite à partir du menu 'Ouvrage'.

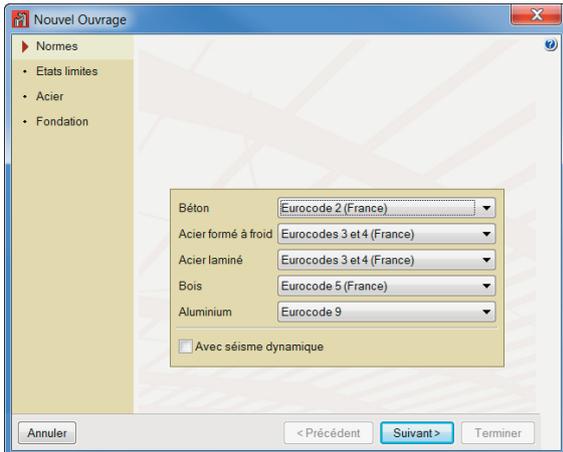


Figure 2.15 Sélection des normes

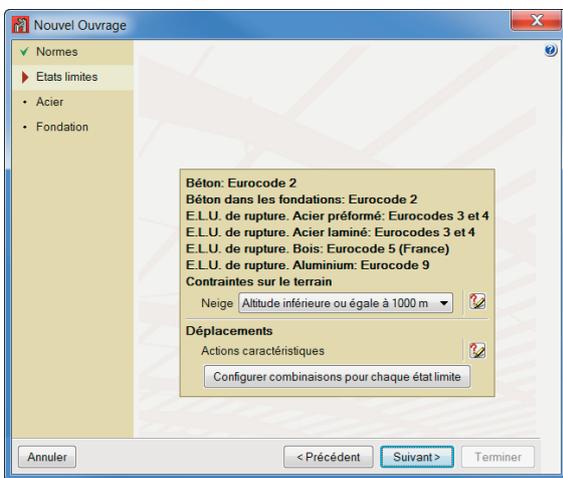


Figure 2.16 Description E.L.U



Figure 2.17 Description du matériau

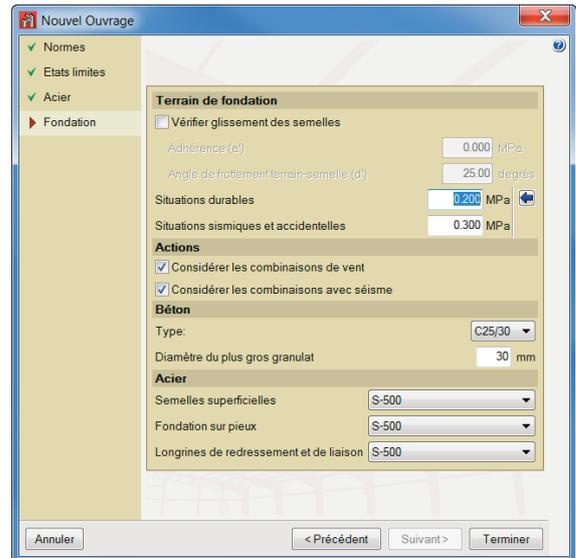


Figure 2.18 Description des fondations

En cliquant sur 'Terminer', vous aurez une fenêtre afin d'attribuer un nom au projet sur CYPE 3D, une fois cette fenêtre acceptée, la structure générée apparaît dans le logiciel CYPE 3D.

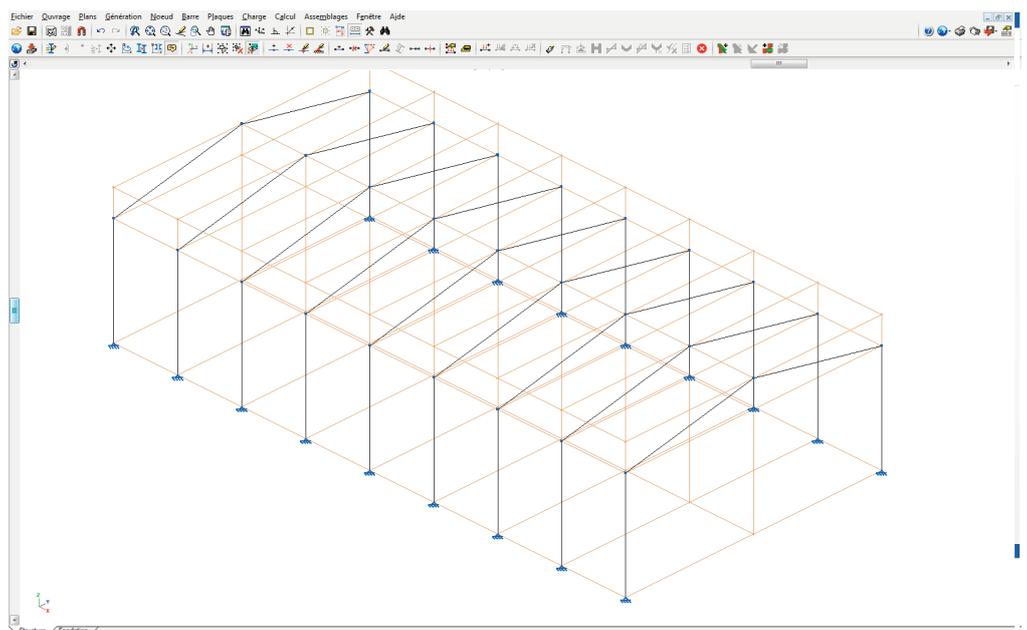


Figure 2.19 Exportation sur CYPE 3D

2.4. Gestion d'affichage

2.4.1. Gestion des calques

Le logiciel dispose d'un outil de gestion de calques de cette manière, il est possible de désactiver la visualisation des barres afin de pouvoir introduire de nouveaux éléments au projet. Cet outil permet également d'assigner une couleur spécifique à chaque calque utilisé dans le dessin des éléments si l'option est bien activée.

Afin de définir les calques utilisés dans la modélisation du projet, il faut choisir l'option 'Ouvrage' > 'Gestion de calques', ou en utilisant la combinaison « Alt+Q » du clavier, une fenêtre s'ouvrira permettant ainsi de créer des calques pour l'ouvrage.

Pour cet exemple, créez les calques suivants :

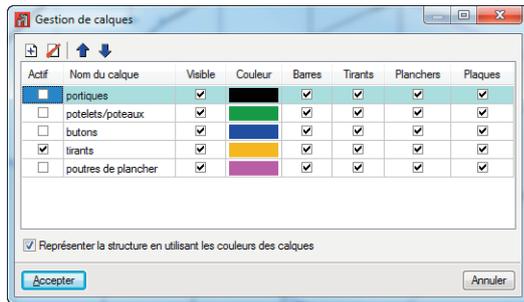


Figure 2.20 Gestion des calques

Vous pouvez attribuer les éléments dans un calque avec l'outil 'Ouvrage' > 'Assignment des pièces aux calques'.

2.4.2. Création de nouvelles vues

Vous pouvez créer des vues, par exemple, pour ne visualiser qu'un seul portique. Pour cela, utilisez l'option 'Fenêtre' > 'Ouvrir Nouvelle'.

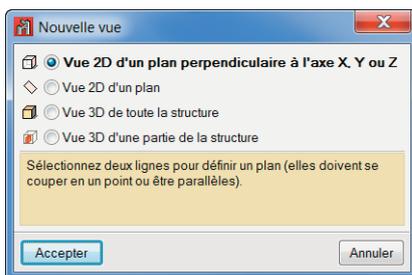


Figure 2.21 Nouvelle vue

Choisissez 'Vue 2D dans un plan orthogonal X, Y ou Z' et sélectionnez, des lignes ou barres perpendiculaires. Nommez la vue, et acceptez la fenêtre

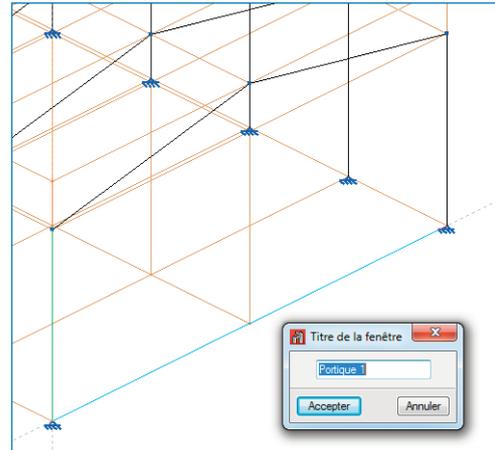


Figure 2.22 Portique 1

Vous pourrez basculer entre les différentes vues dans l'onglet 'Fenêtre'. Pour la suite, retourner, sur la Vue 3D.

2.4.3. Gestion des plans

Vous pouvez afficher ou masquer les lignes de référence afin de vous faciliter le travail avec le logiciel. Pour cela, vous pouvez réaliser deux opérations :

- Avec l'option 'Plans' > 'Montrer/Cacher plans', sélectionnez 'Occulter' puis sélectionnez tous les nœuds dont vous voulez désactiver la vision des lignes de référence et pour finir cliquez droit afin de valider la sélection. Si vous voulez par la suite réactiver les lignes de référence des plans, suivez le même procédé mais en sélectionnant 'Montrer'.

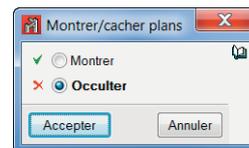


Figure 2.23 Montrer/cacher plans

- Désactivez l'option 'Montrer/Cacher nouveaux plans' de façon à ne pas visualiser les plans associés aux nouveaux nœuds que vous introduirez.

2.4.4. Référence aux objets

Du même, il est conseillé d'activer les points d'accroches pour la modélisation des barres et planchers. Avec l'outil , cochez la case des captures que vous souhaitez activer.

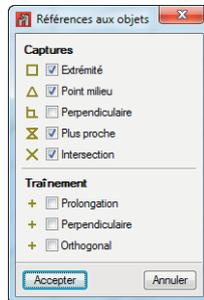


Figure 2.24 Référence aux objets

2.5. Introduction des barres

Ensuite, vous allez modéliser les éléments manquant du hangar. Vous pouvez utiliser les manipulations décrites dans le chapitre précédent pour rendre la modélisation plus aisée. Activez le calque correspondant, et placez-vous dans la vue la plus pertinente avec les lignes de références. Montrez ou cachez les lignes de références et les références aux objets en fonctions de vos besoins.

Vous introduirez les barres correspondant aux poteaux des murs pignons (ou potelets), pour cela, suivez les étapes ci-après :

- 1) Activez le calque poteau et placez-vous dans la vue 2D « Portique 1 » correspondant à l'un des murs pignons,

- 2) Pour les placer exactement, sélectionnez l'option 'Configuration des captures'  et activez 'Dessiner la cotation' dans l'onglet 'Cotation'. De cette façon, CYPE 3D demandera la valeur de la côte chaque fois que vous introduirez une barre ou des nœuds sur les barres.

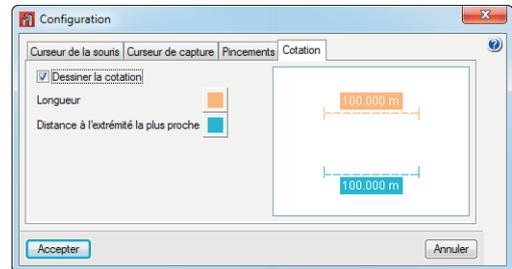


Figure 2.25 Dessiner la cotation

- 3) Cliquez sur 'Barre' > 'Nouvelle',
- 4) Comme dans le générateur de portiques, vous devez définir le type de profilé (vous utiliserez des profils de type IPE pour les poteaux) qui pour l'instant n'ont pas été importés.

Cliquez sur l'outil  afin d'éditer et sélectionner le profilé à introduire. La fenêtre 'Décrire profil' s'ouvrira, permettant ainsi de choisir le matériau constituant le profilé et sa section. Pour ce projet, vous choisirez des profilés en I, en cliquant sur l'outil  'Éditer la liste des éléments', vous pouvez définir vos propres profilés, ou bien importer des séries de profilés proposées par le logiciel sous forme de bibliothèques. Pour cela, cliquez sur le bouton  'Importer les séries de profilés prédéfinies', une fenêtre s'ouvrira, montrant les bibliothèques des fabricants contenues dans le logiciel. Sélectionnez alors ArcelorMittal et cochez la liste des profilés HEA et IPE.

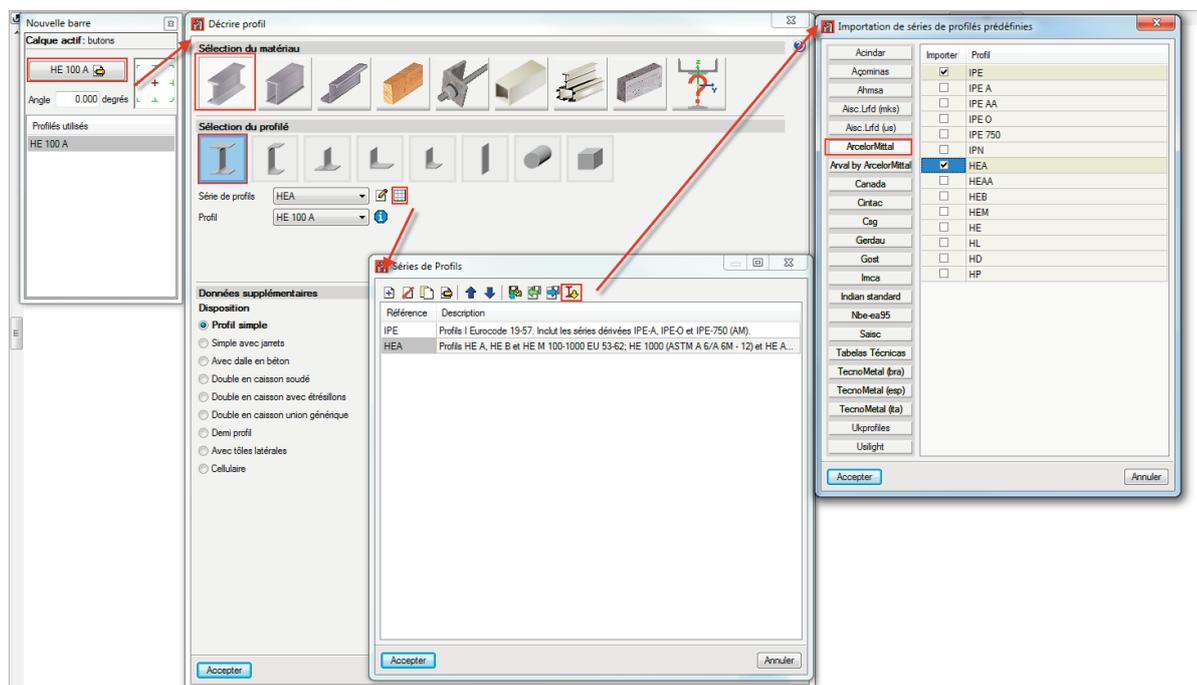


Figure 2.26 Importation des bibliothèques de profilés IPE

- 5) Une fois la série importée, choisissez le type HEA100 et acceptez. Cette fenêtre propose également la liste de profils qui sont utilisés dans l'ouvrage actuel, permettant ainsi une sélection rapide de ces éléments (cette liste sera vide pour l'instant).
- 6) Utilisez la ligne de référence du nœud inférieur du poteau de gauche, et déplacez-vous vers la droite. Cliquez gauche pour introduire la valeur, dans notre cas 5m. Le premier point de la barre est créé.

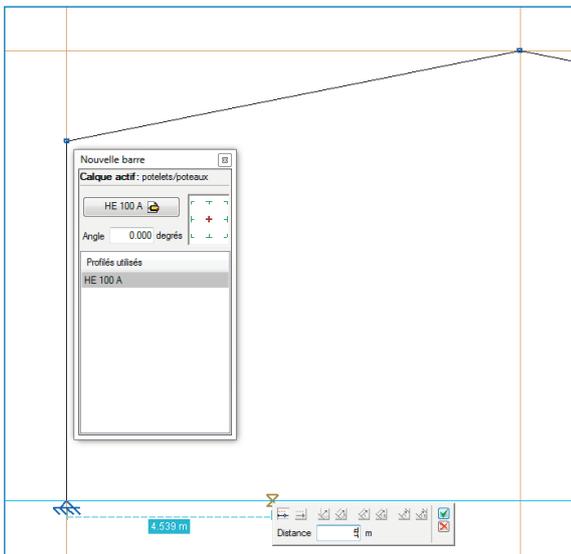


Figure 2.27 Introduction d'une barre

- 7) Modélisez le poteau, puis cliquez gauche pour introduire le deuxième point. Pour finir, cliquez droit afin de pouvoir terminer l'introduction et sélectionner un autre nœud d'origine pour la barre suivante. Si vous ne cliquez pas droit, l'introduction de la nouvelle barre se fera depuis le dernier nœud sélectionné.

Répétez ce processus dans les deux murs pignons jusqu'à avoir introduit les poteaux des deux murs. Rappelez-vous de vous placer sur la vue correspondante et de cacher les lignes de références. Vous pouvez également tourner la vue 3D.

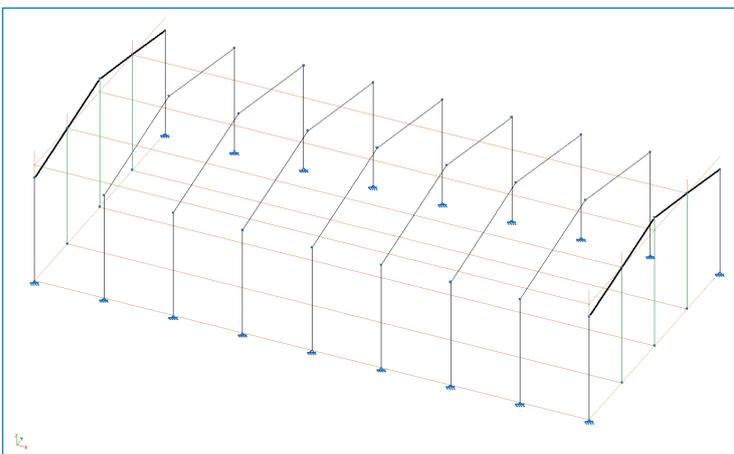


Figure 2.28 Introduction des poteaux

Ensuite, vous modéliserez les poutres du plancher, activez le calque et placez-vous dans la vue 2D en cliquant sur le menu 'Fenêtre' et en sélectionnant cette vue. Pour que le logiciel crée de façon automatique un nœud entre chaque intersection, vous devez activer l'option 'Barre' > 'Générer nœuds aux points de coupe'.

Activez la référence 'Point milieu' et avec l'option 'Barre' > 'Nouvelle' activée, positionnez le curseur sur le poteau gauche du portique. Le logiciel détectera le point milieu, modélisez la barre jusqu'au poteau de droite. Faites de même dans le deuxième portique.

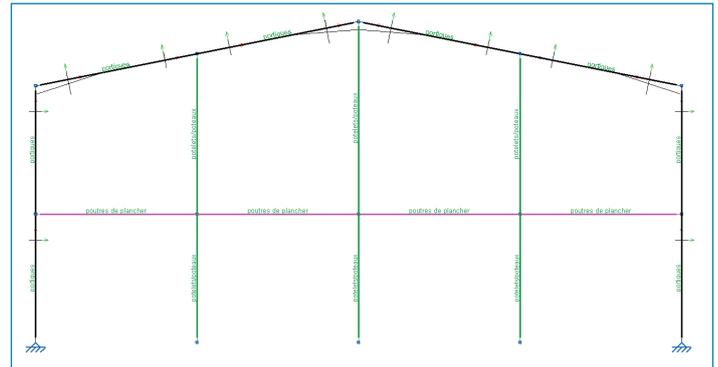


Figure 2.29 Introduction de la poutre de plancher

Créez ensuite les 3 poteaux intérieurs supportant le plancher, à l'aide des outils vu précédemment (activation de calques correspondant, et saisie dans la vue 2D ou 3D)

Revenez ensuite à une vue 3D en la sélectionnant dans le menu 'Fenêtre'. Modélisez la poutre au niveau du deuxième portique et les poteaux intérieurs. La création d'une nouvelle vue 2D au deuxième portique pourrait vous aider.

Ensuite, introduisez les poutres transversales du plancher.

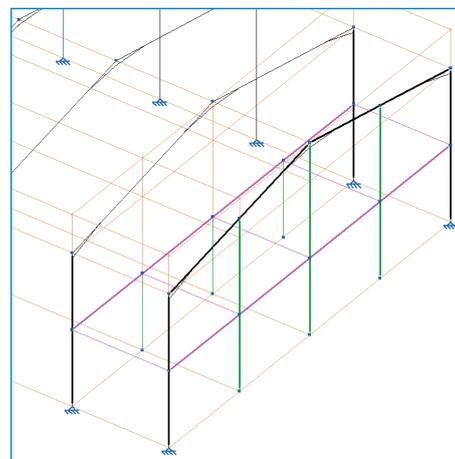


Figure 2.30 Introduction des poutres de plancher

Enfin, sélectionnez le calque « Butons », modélisez les barres pour relier les portiques entre eux ainsi que le mur pignons.

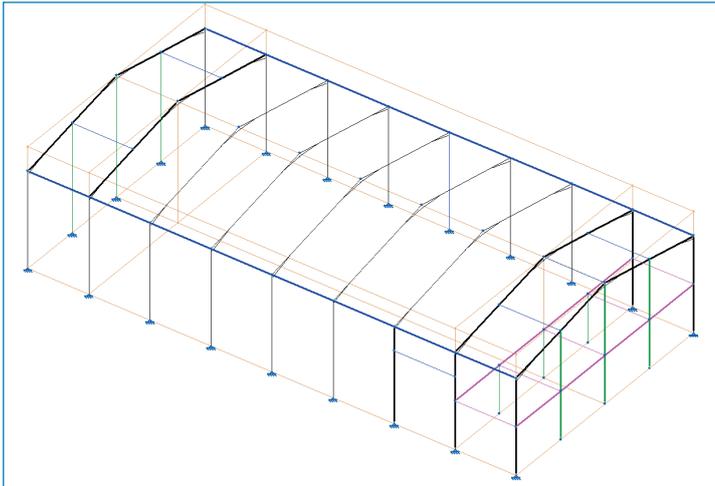


Figure 2.31 Introduction des poutres

2.5.1. Introduction des pièces

Lors de l'introduction des barres, il est important d'introduire celles qui seront réellement présentes dans l'ouvrage. Soit la poutre du plancher est composée d'une seule pièce de 20m s'appuyant sur les poteaux intermédiaires ou cette poutre se compose en 4 poutres de 5m.

Sur CYPE 3D, il faut introduire la barre directement entre les deux poteaux des extrémités afin que le logiciel considère toute ces barres comme une seule pièce lorsque vous la décrirez, lui attribuez des coefficients d'encastrement, etc.

Si, au contraire, la poutre est faite par quatre profils, vous avez plusieurs solutions.

- Chaque barre doit être modélisée séparément,
- Si la barre est déjà introduite comme c'est le cas dans le premier portique, vous pouvez utiliser l'option 'Barre' > 'Créer Pièce'. Sélectionnez les nœuds initial et final de toutes les barres.

Vous pourrez constater la différence de façon graphique car les barres constituées d'une seule pièce sont en gras. Les pièces/barres indépendantes sont affichées avec un trait fin.

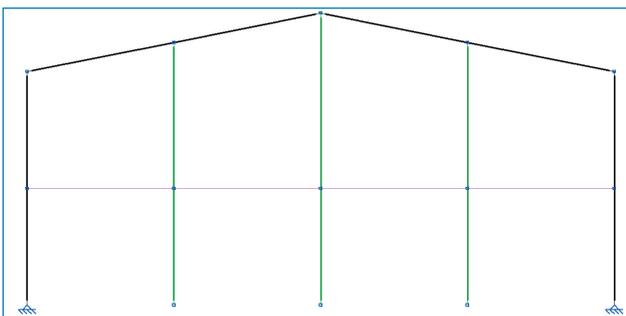


Figure 2.32 Création des pièces

Réalisez la même manipulation pour diviser l'autre poutre longitudinale et les butons.

2.5.2. Introduction des tirants

Introduisons maintenant les croix de Saint-André reliant les portiques aux extrémités. Pour cela, sélectionnez comme calque « tirant » et comme profil à introduire « Tirants », choisissez une cornière symétrique de 20x20x3. Pensez à désactiver l'option 'Plans' > 'Montrer/cacher nouveaux plans'.

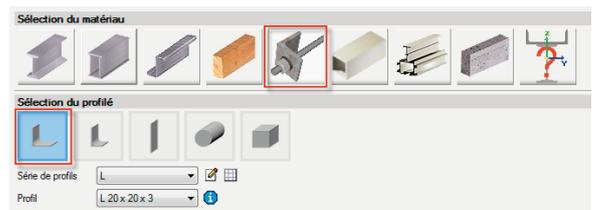


Figure 2.33 Choix du type des tirants

L'introduction des tirants dans le projet doit respecter certaines conditions :

- Le tirant fait partie d'un cadre contreventé en forme de croix de Saint-André encadré en ses quatre bords,
- Le logiciel considère ces éléments travaillant seulement en traction, pour cela, il n'est pas permis d'attribuer aux tirants des coefficients d'encastrement et des coefficients de flambement,
- Il n'est pas possible d'introduire des charges sur des tirants.

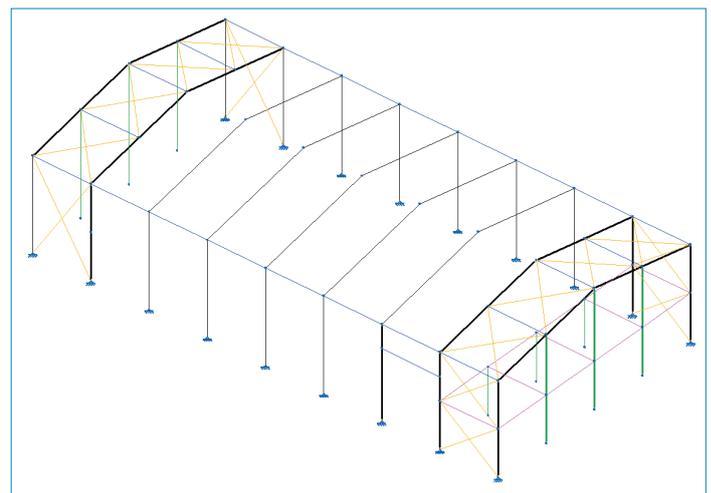


Figure 2.34 Introduction des tirants

2.6. Description des barres

Après avoir modélisé l'ensemble du hangar, vous devez réaliser certaines manipulations afin que le dimensionnement des pièces soit correct :

- Actuellement chaque pièce est traitée de façon individuelle et pourtant, le logiciel doit dimensionner selon la charge correspondante. Pour avoir une uniformité dans le type de profilé, vous devez grouper les différentes barres, pour cela allez sur 'Barre' > 'Grouper'.
- Sélectionnez tous les arbalétriers, l'élément sélectionné sera mis en couleur orange. Cliquez droite et acceptez la fenêtre pour valider le groupement. CYPE 3D affichera le numéro du groupe 'G1' sur chaque barre du groupe. De cette façon, les arbalétriers seront groupés et lorsque vous réalisez une modification sur l'un d'entre eux, elle s'appliquera sur tous les autres.

Une fois le groupe créé, vous devez décrire le profil. Pour cela, allez dans le menu 'Barre' > 'Décrire profil'. Dans cette fenêtre, vous aurez également accès aux profils déjà utilisés dans l'ouvrage. Sélectionnez le type IPE-450. En plus, pour rajouter de la rigidité, vous introduirez des jarrets dans la partie inférieure. Vous pouvez indiquer la longueur ou un pourcentage en fonction de la longueur de l'arbalétrier. Vous indiquez un pourcentage de 20%.

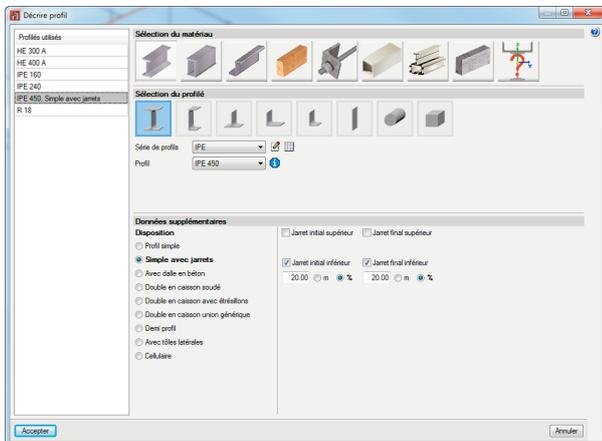


Figure 2.35 Description des arbalétriers

Cette étape permet également de vérifier le type de profil assigné à chaque barre. Par exemple, vous modifierez les poutres du plancher qui sont définis en HEA pour le type IPE.

Répétez le même procédé et décrivez les éléments comme ci-dessous :

- Les poteaux des portiques en HEA-340
- Les potelets du mur pignon en HEA-240

- Les poteaux du plancher des bureaux en HEA-200
- Les poutres transversales du plancher en IPE-120
- Les poutres longitudinales du plancher en IPE-100
- Les butons entre les portiques IPE-120
- Le linteau un IPE-80
- Tous les tirants en 20x20x3

2.7. Description de la position

L'étape suivante est la description de la disposition des barres, c'est-à-dire que vous devez décrire la position et orientation réelle du profilé.

Allez dans le menu 'Barre' > 'Décrire position'. Faites un zoom sur un portique au niveau de la rencontre entre un poteau et l'arbalétrier. Le logiciel affiche l'orientation dans laquelle le profilé a été placé avec les axes locaux.

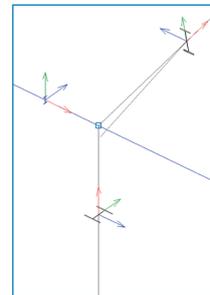


Figure 2.36 Orientation des profilés

Cliquez sur les poutres transversales du plancher. Par défaut, le logiciel place les profilés modélisés à l'axe, cliquez dans l'aile supérieure pour fixer ce point comme point d'introduction. À la différence de la description des barres, le groupement ne s'applique pas pour la définition de la position. Vous devez cliquer sur toutes les poutres et clic droite pour valider.

Répétez la manipulation avec les poutres longitudinales

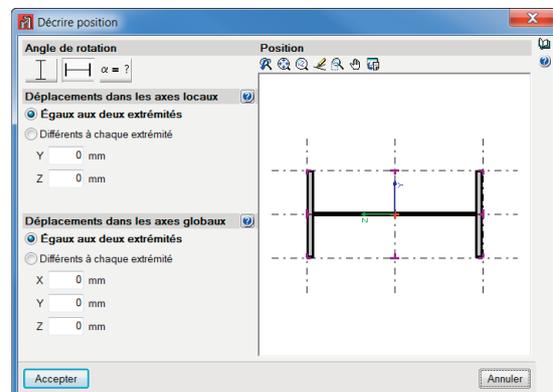


Figure 2.37 Description de la position des poutres

Au niveau des potelets, vous modifierez l'angle d'introduction, dans les orientations proposées, sélectionnez 'Rotation de 90 degrés'

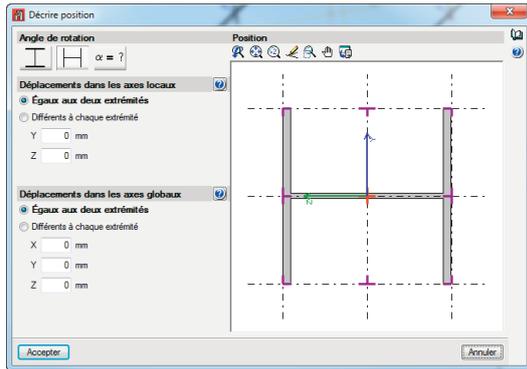


Figure 2.38 Description de l'orientation des potelets

2.8. Attribution des matériaux

Une fois les barres décrites, passez à la description du matériau de celles-ci. Pour cela, utilisez l'option 'Barre' > 'Décrire matériau'.

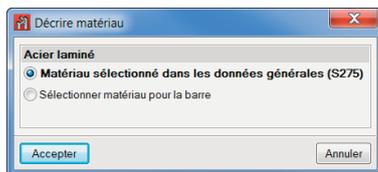


Figure 2.39 Décrire matériau

Ensuite, en choisissant une barre, le logiciel vous propose d'utiliser le matériau défini dans les données générales, ou bien de choisir un autre type de matériau.

Pour l'exemple, vérifiez à partir du menu 'Ouvrage' > 'Profils en acier', que le matériau sélectionné pour toutes les barres est le S275.

2.9. Description des nœuds

Une fois les barres introduites, passez à la description des appuis (liaisons extérieures) des nouveaux poteaux, les autres étant déjà décrits par le Générateur de portiques. Pour cela, utilisez l'option 'Nœud' > 'Liaison extérieure', sélectionnez les bases de poteaux et cliquez droite. Choisissez le type 'Articulation' – 'Fixe' dans les trois directions.

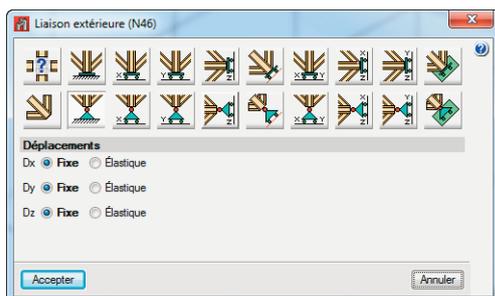


Figure 2.40 Définition des liaisons extérieures

2.10. Articuler les extrémités

Par défaut, le logiciel encastre les barres modélisées entre elles. Dans le cas de nos butons ou les poutres du plancher, nous allons les articuler à fin de qu'elles ne transmettent pas de moments aux poteaux. Pour cela, utilisez l'option 'Barre' > 'Articuler extrémités'.

Après avoir sélectionné l'option, cliquez sur les barres à articuler. Si vous cliquez au milieu, les deux extrémités seront articulées. Sinon, seule l'extrémité la plus proche du point où vous avez cliqué sera articulée. L'articulation se visualise par la présence d'un rond plein bleu à l'extrémité de la barre. Pour la désarticuler, cliquez à nouveau dessus.

Articulez les butons et les poutres de plancher. Articulez également les têtes des poteaux centrales des murs pignon. Les tirants sont articulés aux extrémités par définition. La liaison entre les poteaux et les arbalétriers reste encastree (nœud carré).

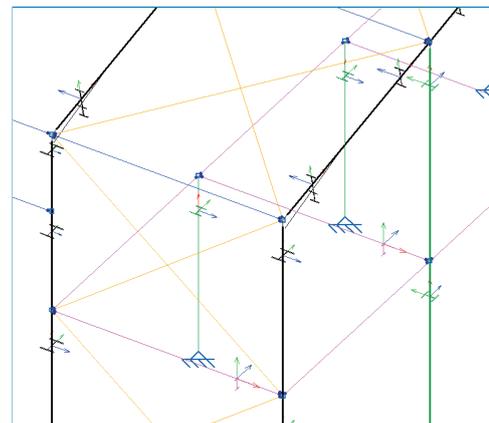


Figure 2.41 Articuler les extrémités

2.11. Flambement

Une fois les états de charge du hangar complétés, vous devez définir les coefficients de flambement des barres que vous avez introduites dans le logiciel, les coefficients de flambement de celles ayant été générées par le Générateur de portiques étant déjà définis.

Pour l'attribution des coefficients de flambement, sélectionnez l'option 'Barre' > 'Flambement'. Les valeurs pour chaque plan seront affichées en passant la souris sur chaque barre. Le logiciel applique une valeur $\beta=1$ (bi-articulé) par défaut. Le coefficient d'un élément n'est pas éditable. Les boutons ne doivent pas être édités dû à la valeur par défaut.

Pour les poutres du plancher des bureaux, le plancher empêche le flambement du profil dans le plan XY du profil et la poutre se trouve bi-articulé dans le plan XZ.

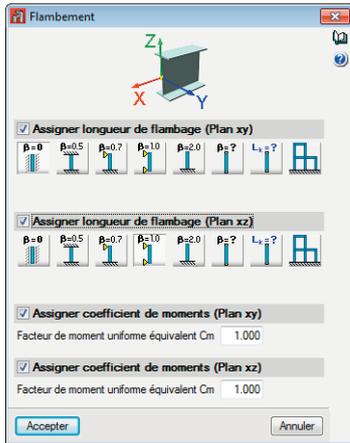


Figure 2.42 Coefficient de flambement des poutres de plancher

Les potelets se trouvent bi-articulés donc nous ne devons pas les modifier. En revanche, les poteaux intérieurs nous considérerons un $\beta=0,7$ car ils sont articulés à sa base et encasté en tête dans les deux plans.

2.12. Déversement

Au niveau des arbalétriers, le générateur de portiques a déjà introduit l'entraxe des pannes qui empêcheront le déversement au niveau de l'aile supérieure.

Dans le cas que vous souhaitez introduire des bracons afin d'éviter que les charges de succion du vent sur la couverture provoquent le déversement de l'aile inférieure, nous devons placer dans le projet des bracons au niveau de l'aile inférieure. Pour cela, allez dans l'option 'Barre' > 'Déversement'.

Sélectionnez les barres et cliquez droit avec la souris pour éditer les coefficients de déversement. Dans les ailes inférieures de celles-ci, placer un bracon en prenant une longueur libre de flambement de $L_b=1.5m$.

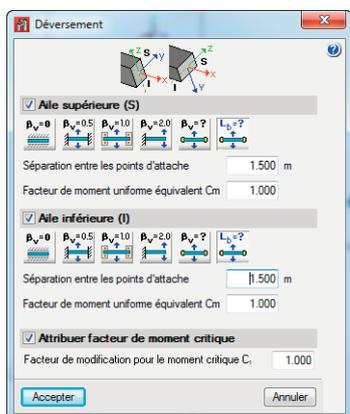


Figure 2.43 Coefficient de déversement pour les arbalétriers

2.13. Définition de la flèche

Dans la définition des barres, nous définirons la flèche maximale qui sera vérifiée lors du calcul de la structure avec les critères de résistance.

Si vous ne définissez pas ce critère, le logiciel ne le prendra pas en compte pour le dimensionnement des barres.

Pour définir la flèche maximale des poutres du plancher, allez sur 'Barre' > 'Flèche limite' et indiquez une flèche maximale de $L/300$ dans le plan XZ.

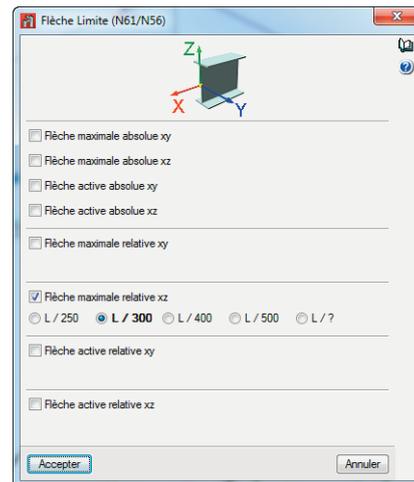


Figure 2.44 Définition de la flèche dans les poutres du plancher

2.14. Hypothèses de charges

2.14.1. Ajouter des hypothèses de charges

Pour ajouter ou modifier les hypothèses, vous devez utiliser l'option 'Ouvrage' > 'Actions' > 'Hypothèses additionnelles'. Le Générateur de portiques a déjà généré une hypothèse de Charge d'exploitation, 6 hypothèses de vent et 3 de neige.

L'hypothèse de charge d'exploitation générée au moyen du programme Générateur de portique est celle de la couverture, comme dans notre exemple, nous avons ajouté un plancher pour les bureaux, il faut créer une nouvelle hypothèse de surcharge.

Editez les catégories d'utilisation en cliquant sur l'icône du crayon et cochez également l'option 'B. Bureaux'.

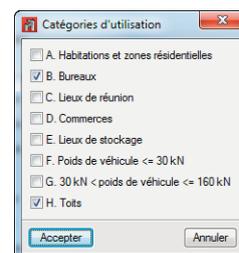


Figure 2.45 Catégories d'utilisation

Acceptez, le logiciel permet l'option de définir la surcharge pour cette catégorie d'utilisation.

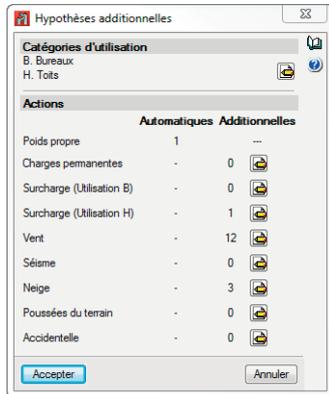


Figure 2.46 Hypothèse additionnelles

Editez-la et introduisez une nouvelle hypothèse qui correspondra à la charge d'exploitation des bureaux (immobilier et personnes).

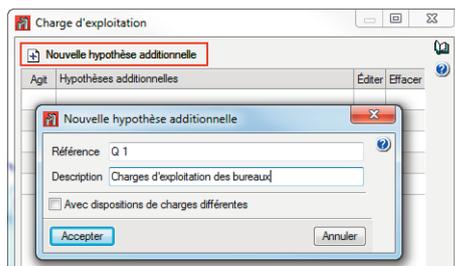


Figure 2.47 Introduction d'une nouvelle hypothèse

Du même, créez une hypothèse additionnelle du type charge permanente qui correspond au revêtement sol des bureaux. L'hypothèse du poids propre est déjà créée par le logiciel.

2.14.2. Charges sur plancher

Pour appliquer les charges que nous venons de créer, nous devons modéliser la surface correspondant au plancher en employant l'option 'Charges' > 'Introduire panneaux'.

Une fois cette option sélectionnée, vous verrez apparaître les surfaces enveloppes de la structure créées par le Générateur de portiques.

Pour introduire le panneau de charge au niveau du plancher, sélectionnez tous les points formant le contour du plancher puis cliquez sur le bouton droit de la souris et choisissez la direction de répartition des charges appliquées au plancher. Comme nous allons répartir les charges dans les poutres transversales du plancher, vous devez choisir une ligne perpendiculaire à celles-ci (parallèle aux arbalétriers).

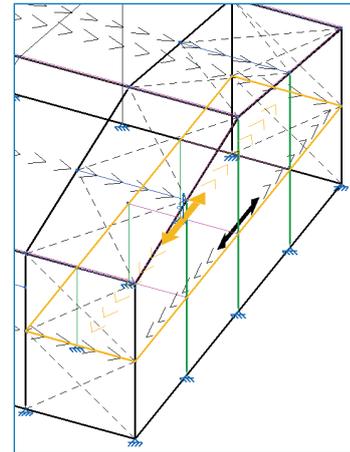


Figure 2.48 Panneaux de charges

Une fois la direction de répartition des charges indiquée, cliquez sur le bouton droit de la souris pour ouvrir une fenêtre dans laquelle vous pourrez introduire les charges associées à ce plancher.

Ajoutez les charges suivantes en les associant à l'hypothèse correspondante :

Ajoutez tout d'abord une charge associée à l'hypothèse de charge permanente correspondant au poids propre du plancher dont la valeur est de 3,7 kN/m². Ajoutez ensuite une charge permanente de 1,2 kN/m² pour son revêtement. Pour finir, introduisez une charge d'exploitation de 2.0 kN/m².

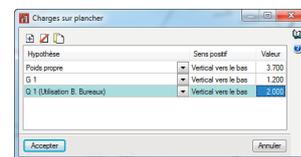


Figure 2.49 Introduction des charges sur plancher

Cliquez sur 'Accepter'. La répartition des charges effectuée par le programme peut être consultée. Par exemple, si vous sélectionnez l'hypothèse de surcharge dans l'option '**Charge**' > '**Hypothèse Vue**', choisissez l'hypothèse que vous souhaitez visualiser, pour l'instant nous choisissons la surcharge des bureaux. Si l'affichage n'est pas suffisamment grand, vous pourrez utiliser '**Charge**' > '**Echelles**' pour les modifier.



Figure 2.50 Hypothèse vue

Le logiciel affichera la distribution de la charge appliquée dans le panneau vers les poutres du plancher pour cette hypothèse.

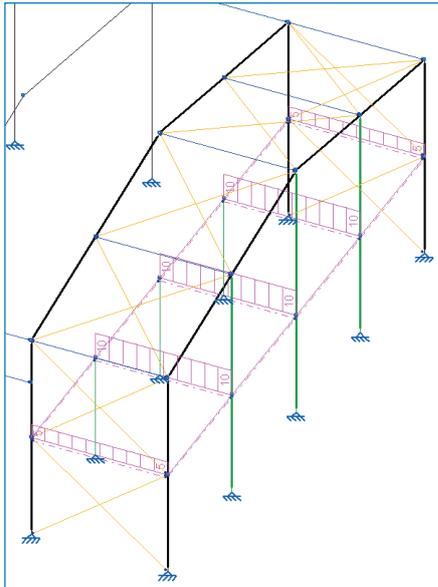


Figure 2.51 Charges sur poutres

2.14.3. Charges de vent

Vous pouvez consulter les charges superficielles générées par le logiciel pour chacune des hypothèses de vent. Pour cela, allez sur **'Charges' > 'Editer charges surfaciques'** et activez l'hypothèse «V (0°) H1». Le logiciel affichera la répartition de charges pour les différentes surfaces dans la couverture.

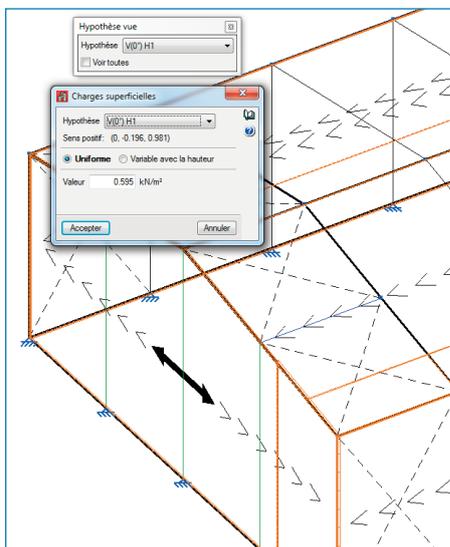


Figure 2.52 Répartition des charges sous une hypothèse de vent

2.15. Calcul et dimensionnement des structures

Une fois toutes les étapes précédentes réalisées, vous pouvez calculer la structure et commencer la phase de dimensionnement. Pour cela, sélectionnez l'option **'Calcul' > 'Calculer'**.

Avec l'option **'Vérification des profils'** le logiciel peut vérifier si le pré-dimensionnement initial est valide. Avec l'option de **dimensionnement**, le logiciel appliquera le profil qui remplit toutes les conditions.

2.15.1. Vérification des barres

Pour cet exemple, sélectionner **Vérification des profils**.

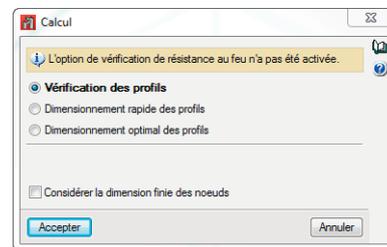


Figure 2.53 Vérifications de profils

Après le processus de calcul, nous sélectionnerons l'option **'Calcul' > 'Vérifier les barres'**.

En sélectionnant cette option, toutes les barres ne vérifiant pas pour l'état d'hypothèse des charges actuelles s'afficheront en rouge (tirants et les poutres transversales).

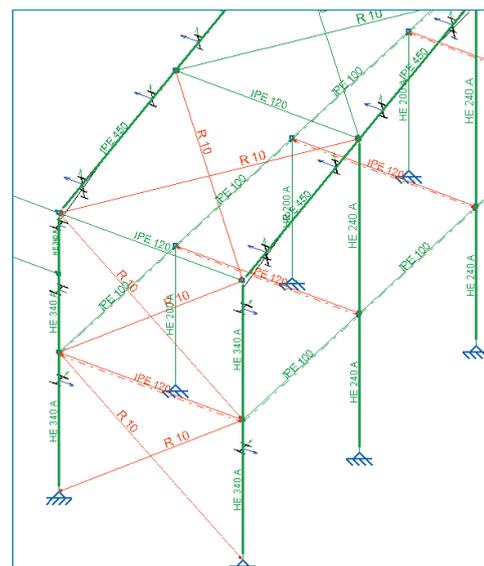


Figure 2.54 Vérification des barres

En cliquant sur les barres une fenêtre s'affiche avec toute la série de la famille dans laquelle le logiciel montre les profils qui respecte ou pas toutes les conditions.

La ligne du profil sélectionné apparaît en bleu. Pour le modifier, il suffit de double-cliquer sur la ligne du nouveau profil que vous souhaitez appliquer.

Profil	Poids	Résistance	Flèche	Erreurs
✗ IPE 80	6.00	9440.26 %		Il n'est pas possible de réaliser la vérification...
✗ IPE 100	8.09	4422.02 %		Il n'est pas possible de réaliser la vérification...
✗ IPE 120	10.36	2377.88 %		Il n'est pas possible de réaliser la vérification...
✗ IPE 140	12.87	1397.72 %		Il n'est pas possible de réaliser la vérification...
✗ IPE 160	15.78	421.74 %	870.15 %	
✗ IPE 180	18.76	315.03 %	574.16 %	
✗ IPE 200	22.37	236.63 %	389.17 %	
✗ IPE 220	26.22	183.49 %	272.79 %	
✗ IPE 240	30.69	142.49 %	194.29 %	
✗ IPE 270	36.03	108.05 %	130.60 %	
✓ IPE 300	42.23	83.27 %	90.49 %	
✓ IPE 330	49.14	65.04 %	64.25 %	

Vous avez choisi de ne pas vérifier la résistance au feu

Signification des icônes
 ✗ Profil ne vérifiant pas toutes les conditions.
 ✓ Profil vérifiant toutes les conditions.

Buttons: Accepter, Annuler

Figure 2.55 Vérification des profilés

Tout dépend des solutions pratiques apportées par chaque utilisateur pour effectuer l'optimisation des profilés. Dans cet exemple, les modifications appliquées sont les suivantes aux profilés préalablement définis :

- Les poutres transversales du plancher en IPE-300
- Tous les tirants en 45x45x3

2.15.2. Vérifications des déplacements

Dans cet exemple du hangar, nous devons également vérifier le critère du déplacement de la clé faitage et la tête des poteaux.

Nos déplacements maximaux admissibles seront :

- Déplacement du faitage en vertical = $\text{Portée}/250 = 2000/250 = 8\text{cm} = 80\text{mm}$
- Déplacement de la tête poteau en horizontal = $\text{Hauteur} / 150 = 800/150 = 5.33\text{ cm} = 53.3\text{ mm}$

Allez dans '**Calcul**' > '**Déplacements**', vous pouvez consulter les déplacements pour chaque hypothèse ainsi que les courbes enveloppes. Pour valider le dimensionnement des portiques, cliquez sur les nœuds d'un portique. Vous pouvez constater que les profils choisis suite au prédimensionnement vérifient bien les conditions.

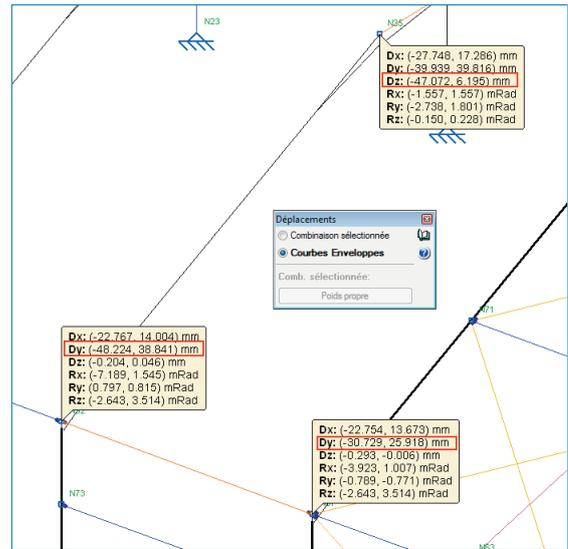


Figure 2.56 Vérifications des déplacements

2.16. Les assemblages

CYPE 3D est capable de dimensionner les assemblages. Suite au calcul, le logiciel prend en compte la dimension du profilé ainsi que le type de liaison intérieure (encastree ou articulée). Le logiciel propose un calcul de liaison du type soudée ou boulonnée.

2.16.1. Génération et dimensionnement des assemblages

Cliquez dans l'option '**Assemblages**' > '**Générer**' permet de générer les assemblages de façon automatique.

Choisissez de les grouper, tel que nous avons fait pour les barres, les changements que nous allons appliquer seront attribués aux assemblages du même type.

Après le processus de génération des assemblages, les assemblages entre les différentes barres seront marqués avec une couleur bleu.

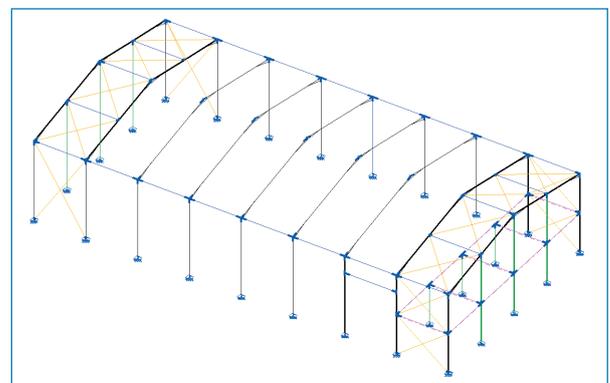


Figure 2.57 Génération des assemblages

Ensuite, faites '**Assemblages**' > '**Dimensionner**' afin de réaliser le calcul de tous les assemblages précédemment générés.

Une fenêtre s'affichera afin de vous proposer le type d'assemblage à dimensionner. Dans cet ouvrage, les assemblages seront du type boulonné.

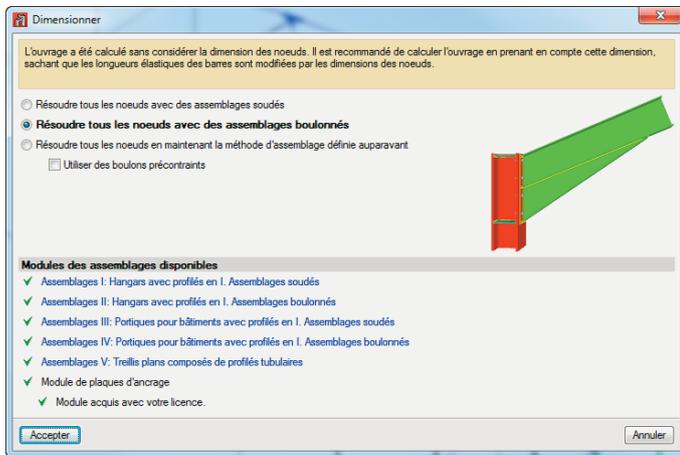


Figure 2.58 Dimensionner les assemblages

Après le processus de dimensionnement, les assemblages qui ont pu être résolues vont s'afficher en couleur verte, tandis que les autres assemblages ou il y a des incidents vont s'afficher en couleur rouge.

2.16.2. Edition de l'assemblage

Par la suite, nous allons éditer un des assemblages générés et dimensionnés. Allez sur 'Assemblages' > 'Editer' et cliquez sur la liaison poteau – arbalétrier d'un portique intermédiaire.

Une fenêtre s'ouvrira afin d'éditer et de vérifier cette union entre les barres. A gauche de la fenêtre, vous verrez la liste des profilés qui composent l'assemblage, et au niveau de chaque élément, vous avez un outil d'édition du profilé. Dans la partie inférieure de la fenêtre, vous avez une liste d'incidents au niveau de l'union entre les barres.

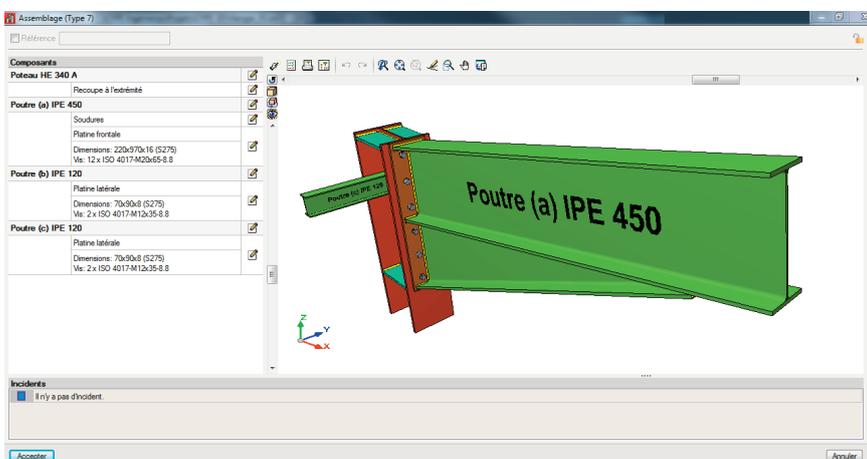


Figure 2.59 Edition d'un assemblage poteau - arbalétrier

Entre dans l'édition du poteau. Cliquez sur 'Recoupe à l'extrémité' afin de recouper le poteau par rapport à l'arbalétrier. Laissez la prolongation nécessaire pour la plaque de 24cm.



Figure 2.60 Recoupe à l'extrémité

Ensuite, déplacez le raidisseur dans la direction de l'aile supérieure de l'arbalétrier.

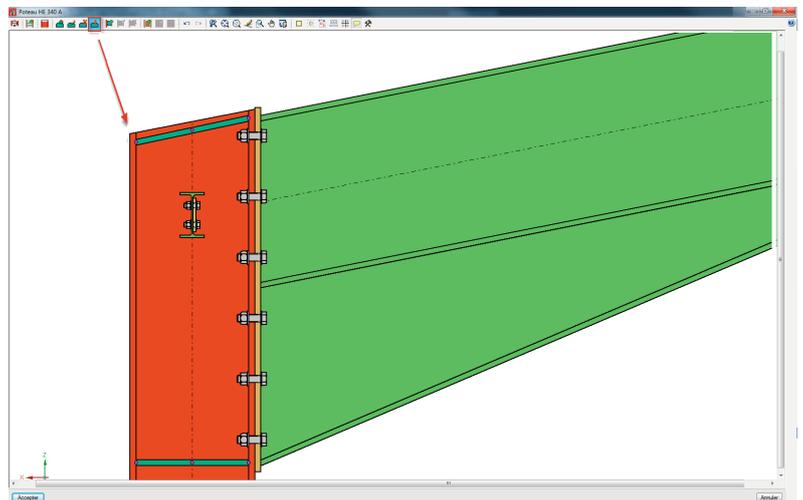


Figure 2.61 Déplacement du raidisseur

Si vous souhaitez éditer un assemblage en particulier, vous pouvez le **dé grouper**. Vous pouvez **attribuer** les modifications faites dans un assemblage sur un autre qui ne soit pas du même groupe. Le logiciel permet aussi de l'option **bloquer** les assemblages que vous ne voulez pas modifier lors un nouveau dimensionnement des profilés.

2.16.3. Plaques d'ancrages

Dans la génération des assemblages, les plaques d'ancrage sont générées avec les autres assemblages. Vous pouvez les éditer de la même manière que les autres assemblages.

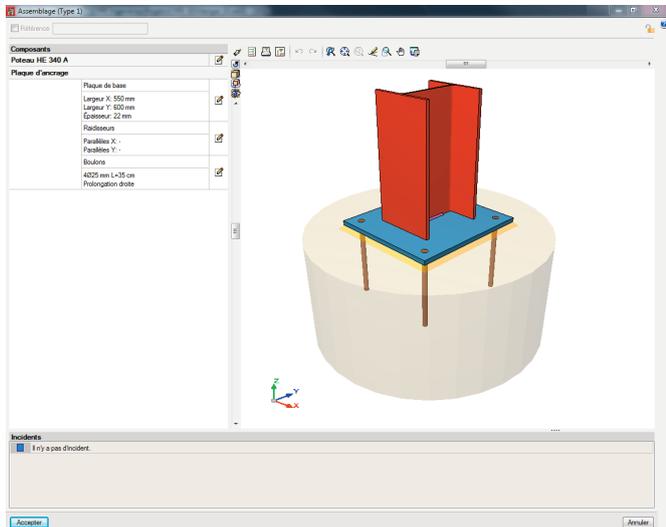


Figure 2.62 Dimensionnement des plaques d'ancrages

2.17. Fondations

2.17.1. Introduction des semelles et de longrines

Passez à l'onglet **Fondation**, en bas à gauche, pour le dimensionnement définition de celles-ci.

Dans cet espace de travail, le logiciel affichera tous les barres dont les nœuds ont été définis comme liaison extérieure. Si les plaques d'ancrage ont été générées auparavant, elles seront également affichées.

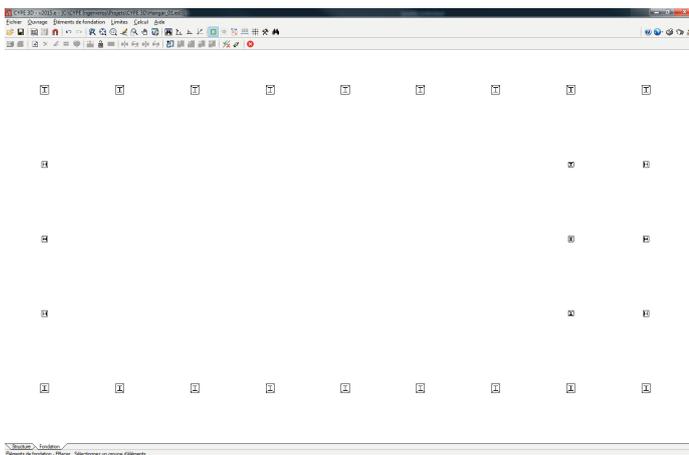


Figure 2.63 Onglet Fondation

Pour introduire les semelles et les longrines de liaison, utilisez l'option 'Élément de fondation' > 'Nouveau'

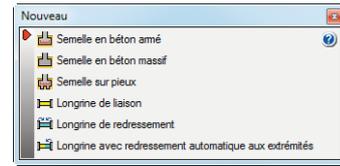


Figure 2.64 Éléments de fondation

Utilisez **Semelle en béton armé** et, dans la fenêtre suivante, sélectionnez la troisième option en partant de la gauche **Semelle rectangulaire excentrée**.

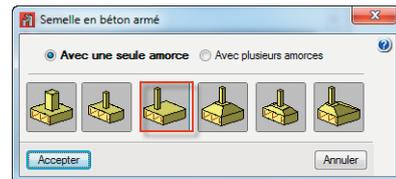


Figure 2.65 Choix des semelles en béton armé

Lorsque vous acceptez cette fenêtre, le curseur prend la forme d'une semelle et, suivant sa position autour du poteau, il se changera en une semelle en coin, mitoyenne ou centrée. Pour cet exemple, cliquez en positionnant le curseur au centre de chaque plaque d'ancrage, de manière à introduire des semelles centrées.

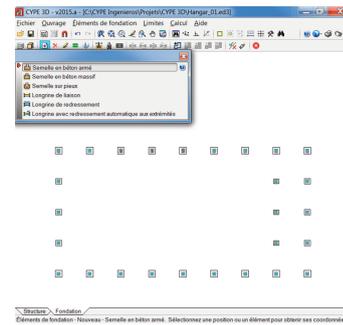


Figure 2.66 Introduction des semelles

Une fois que les semelles sont introduites, nous allons passer à l'introduction des longrines en utilisant l'option **Longrine avec redressement automatique aux extrémités**. Le logiciel suite au calcul en fonctions de charges dans chaque semelle choisira entre une longrine de liaison ou de redressement.

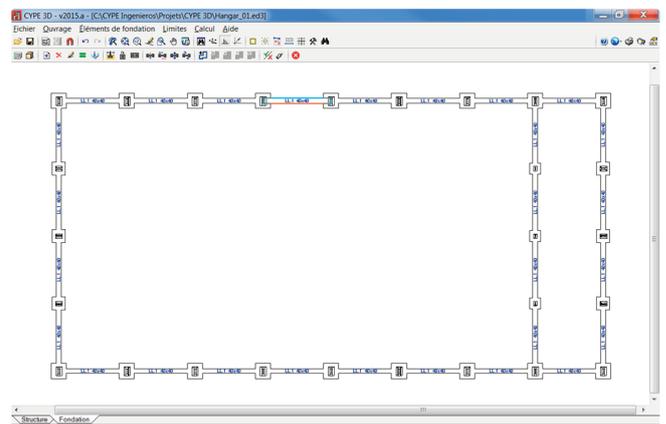


Figure 2.67 Introduction des longrines

Pour ce type de fondation, le logiciel propose l'option de la générer automatiquement avec l'outil 'Fondation' > 'Générer semelles et longrines'.

2.17.2. Définition des caractéristiques du sol

Dans l'option 'Ouvrage' > 'Données générales', vous pouvez retourner à la définition de la contrainte admissible du terrain, le type de béton et d'acier pour la fondation.

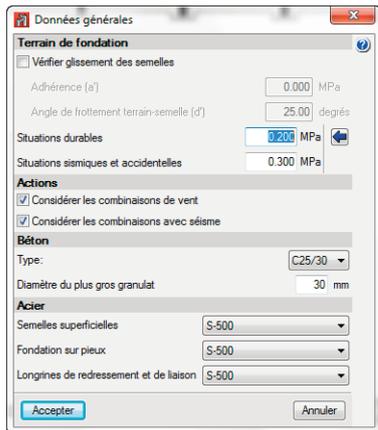


Figure 2.68 Données générales de la fondation

2.17.3. Dimensionnement et vérification de la fondation

Enfin, nous pouvons dimensionner la fondation en cliquant sur l'option 'Calcul' > 'Dimensionner' avec l'option de 'Dimensionnement itératif' pour que le logiciel calcul avec les caractéristiques de semelles finales. En déplaçant le curseur sur une semelle ou une longrine de l'ouvrage, apparaît un cadre informatif dans lequel sont indiquées les données de calcul de la semelle (dimensions, armature, contrainte et efforts) ou le type de longrine.

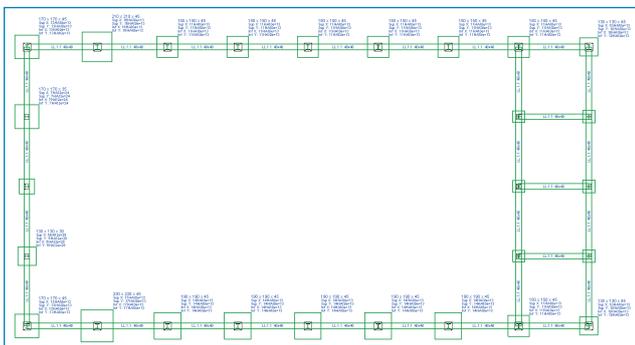


Figure 2.69 Dimensionnement des fondations

Le logiciel permet l'édition, la vérification et le dimensionnement, élément par élément, via l'option 'Eléments de fondation' > 'Editer'.

2.17.4. Egalisation

Nous allons finir par égaliser les semelles pour avoir un résultat plus homogène de la fondation. Pour cela, utilisez l'option 'Eléments de fondation' > 'Egaliser'.

Egalisez les semelles du périmètre à 190x190 sauf les semelles qui ont besoin d'une surface plus grande. Egalisez également les semelles de potelets.

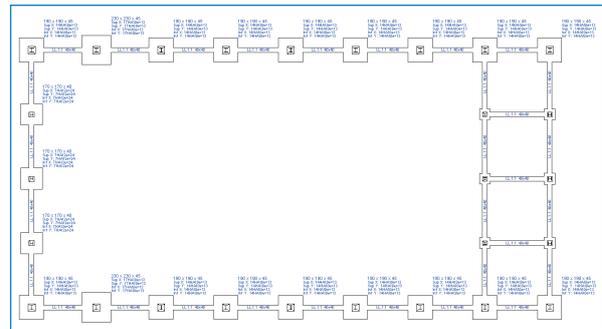


Figure 2.70 Egaliser dimensions des semelles

2.18. Sortie des résultats

2.18.1. Plans

Une fois la structure et sa fondation dimensionnée, vous pouvez obtenir les plans du projet. Pour dessiner les plans, cliquez sur l'icône de l'onglet Fondation ou de l'onglet Structure. La fenêtre Sélection des plans apparaîtra.

Cliquez sur l'icône pour ajouter une vue dans la fenêtre **Edition du plan**. Vous pouvez paramétrer l'information que vous souhaitez afficher. Dans cette première vue, nous allons représenter les différentes vues (3D et 2D) avec la description du type de profil.

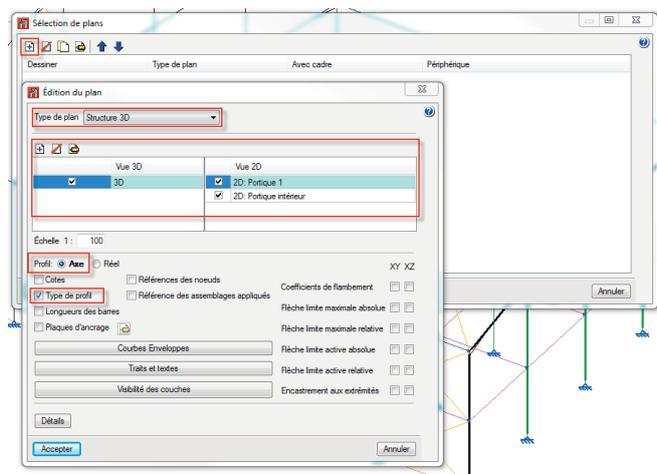


Figure 2.71 Edition des plans

Ajoutez également une vue pour l'assemblage et une autre pour le plan d'implantation de la fondation.

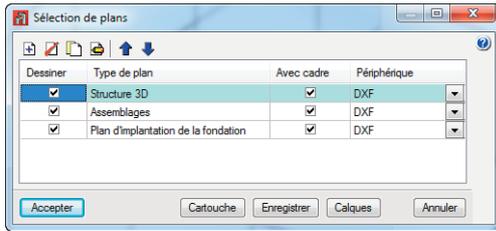


Figure 2.72 Sélection de plans

Une fois accepté, la fenêtre affichera l'ensemble des vues. Vous pourrez les exporter au format .DXF.

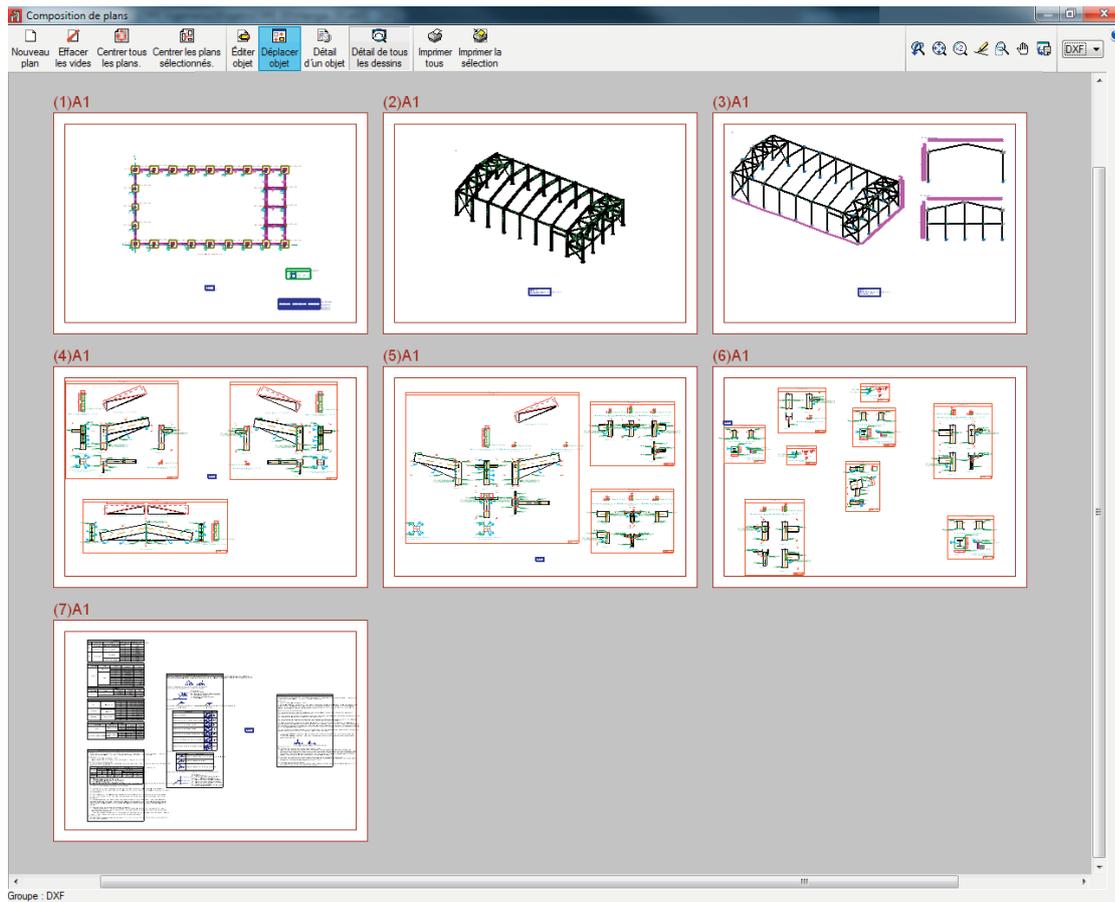


Figure 2.73 Plans d'exécution

2.18.2. Récapitulatifs

Dans le logiciel, vous disposez de deux options pour réaliser la liste un récapitulatif de la structure : une permettant d'obtenir un récapitulatif global de la structure et l'autre une liste des éléments sélectionnés.

- **Liste de toute la structure**

Afin d'obtenir la liste de toute la structure, vous pouvez utiliser l'option « Récapitulatifs de l'ouvrage » . En la sélectionnant, vous ouvrez une fenêtre dans laquelle apparaît un schéma en forme d'arbre présentant une case à chacune de ses ramifications. En activant une de ces cases et en acceptant, vous générez la liste correspondante.

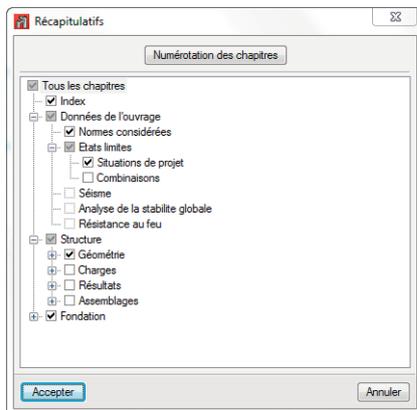


Figure 2.74 Récapitulatifs de l'ouvrage

- **Liste d'une sélection d'éléments**

Cette option est disponible dans le menu 'Ouvrage'. Une fois activée, vous pouvez sélectionner les barres ou les nœuds que vous voulez voir apparaître dans la liste. Cliquez ensuite sur le bouton droit de la souris pour valider la sélection et faire apparaître la fenêtre dans laquelle vous pouvez sélectionner les chapitres et les paragraphes à lister.