

Exemple pratique  
**CYPECAD**  
**CYPE**

# CYPECAD

Exemple pratique



**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](http://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 CYPECAD 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](http://www.cype.com)

© CYPE Ingenieros, S.A.

Edité et imprimé à Alicante (Espagne)

Windows ® est une marque enregistrée de Microsoft Corporation ®

Présentation .....	5	1.6. Calculer .....	39
<b>Exemple pratique .....</b>	<b>7</b>	1.6.1. Modules de « Calcul distribué : 2 et 4 processeurs » ..	40
1. Introduction d'un ouvrage dans CYPECAD .....	7	1.7. Fondation .....	40
1.1. Données initiales .....	7	1.7.1. Introduction des semelles .....	40
1.1.1. Hauteur entre niveaux .....	8	1.7.2. Introduction des longrines de liaison et de	41
1.1.2. Actions à considérer .....	8	redressement .....	41
1.1.3. Installation préalable des exemples .....	9	2. Consultation des résultats .....	43
1.2. Création du fichier .....	9	2.1. Séisme .....	43
1.2.1. Introduction au moyen de l'option « Introduction	10	2.2. Déformations et distorsions de la structure .....	43
automatique DXF/DWG » .....	10	2.3. Erreurs .....	44
1.2.2. Introduction au moyen de l'option « Introduction	13	2.3.1. Poteaux .....	44
automatique IFC » .....	13	2.3.2. Poutres .....	46
1.3. Introduction des données générales de l'ouvrage .....	16	2.4. Résistance au feu .....	47
1.3.1. Normes et matériaux .....	16	2.5. Modification des armatures .....	47
1.3.2. Vent .....	17	2.5.1. Poutres .....	47
1.3.3. Séisme .....	17	2.5.2. Alignements .....	49
1.3.4. Feu .....	18	2.5.3. Planchers .....	49
1.4. Niveaux, groupes et poteaux (onglet Entrée des poteaux) ..	18	2.6. Fondation .....	52
1.4.1. Création de niveaux et groupes du projet .....	18	2.6.1. Données du terrain .....	52
1.4.2. Introduction des poteaux .....	18	2.6.2. Dimensionner .....	52
1.5. Introduction des poutres, des murs et des planchers	19	2.6.3. Éditer semelles .....	52
(onglet Entrée des poutres) .....	19	3. Recours d'édition .....	53
1.5.1. Murs .....	19	4. Plans .....	53
1.5.2. Poutres .....	21	5. Listes .....	55
1.5.3. Planchers .....	25		
1.5.4. Étapes complémentaires à l'introduction des poutres ..	27		
1.5.5. Introduction des charges .....	31		
1.5.6. Escaliers .....	34		



## Présentation

**CYPECAD** est un software destiné aux projets de construction en béton armé et en acier. Il permet l'analyse spatiale, le dimensionnement de tous les éléments structuraux, l'édition des armatures et des sections et l'obtention des plans de construction de la structure.

Il réalise le calcul de structures tridimensionnelles constituées d'éléments porteurs et de planchers, ainsi que leurs fondations. Il permet également de dimensionner automatiquement les éléments en béton armé et métalliques.

Si vous disposez de **CYPE 3D**, vous pouvez intégrer des ouvrages réalisés avec ce dernier (profils en acier et en bois) avec 6 degrés de liberté par noeud et réaliser dans **CYPECAD** le dimensionnement et l'optimisation des sections.

Avec **CYPECAD**, le projeteur à en main un outil précis et efficace pour la résolution de tous les aspects relatifs au calcul des structures en béton de tout type. Le programme est adapté aux dernières normes de nombreux pays.

Deux versions sont disponibles :

1. *Complète.* Cette version comprend l'ensemble des possibilités du programme. Elle ne possède aucune limitation quant au nombre de poteaux, de niveaux, de mètres carrés de planchers, etc.
2. *Limitée.* Cette version permet de calculer des structures avec un maximum de 30 poteaux, 4 groupes ou types de niveaux différents, 5 niveaux au total et 100 mètres linéaires de murs.

Des aides associées aux options des dialogues et des fenêtres sont incorporées au programme et facilitent son utilisation.

Avec **CYPECAD**, vous aurez toujours le contrôle total du projet. Sans risque.



## Exemple pratique

### 1. Introduction d'un ouvrage dans CYPECAD

Cet exemple a pour but de donner les règles à suivre pour introduire correctement un bâtiment dans CYPECAD. L'ouvrage de l'exemple est un bâtiment situé à Perpignan comprenant 9 logements en niveaux, un sous-sol et des commerces au rez-de-chaussée. Bien que chaque projet possède des particularités propres qui ne peuvent en général pas être étendues aux autres projets, les solutions que nous vous proposerons pour répondre à celles de cet exemple pourront vous servir dans certains de vos futurs projets.



Fig. 1.1

#### 1.1. Données initiales

Il est nécessaire de bien étudier le projet avant d'introduire les données dans le programme car s'engager sur un mauvais chemin engendre généralement une perte de temps due à la répétition des données.

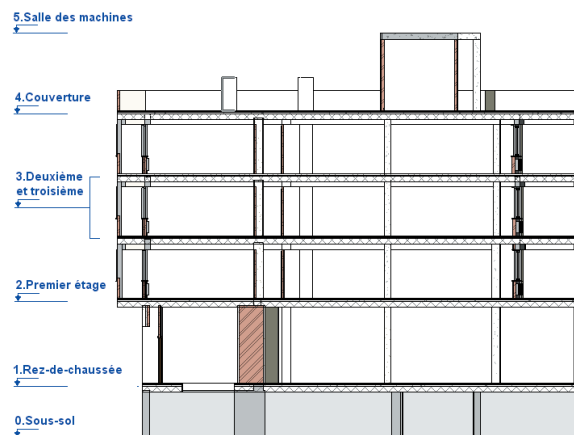


Fig. 1.2

La première chose à identifier dans le projet est le nombre de niveaux et de groupes. Dans notre exemple, nous aurons 6 niveaux correspondant au rez-de-chaussée, au 1<sup>er</sup> niveau, 2<sup>ème</sup> niveau, 3<sup>ème</sup> niveau, couverture et salle des machines. Comme les niveaux 2 et 3 ont la même géométrie et les mêmes états de charge, ils peuvent être groupés. Nous aurons donc 5 groupes et 6 niveaux. Dans vos projets, lors de l'introduction de ces données, vous devrez prendre en compte qu'aux endroits où un poteau, un noyau d'escalier ou une poutre inclinée naît ou se termine, vous devez définir un groupe d'un seul niveau.

### 1.1.1. Hauteur entre niveaux

Groupe	Plancher	Cotes [m]
Groupe 5	Salle des machines	15.7
Groupe 4	Couverture	12.2
Groupe 3	3 <sup>ème</sup> étage	9.4
	2 <sup>ème</sup> étage	6.6
Groupe 2	1 <sup>er</sup> étage	3.8
Groupe 1	Rez-de-chaussée	0.0
Groupe 0	Sous-sol	-2.5

Lorsqu'un plancher possède un dénivelé, comme c'est le cas dans notre exemple où le rez-de-chaussée possède une zone de l'entrée qui est surélevée de 42 cm par rapport au reste du niveau, il peut être défini de différentes façons dans le programme, en fonction de la différence de cotes et de l'aire du plancher. Si la différence entre les cotes est petite ( $< 0,65$  m) ou si l'aire de la zone surélevée n'est pas très grande, il est concevable de réaliser une élévation de cette partie sans altérer la cote du plancher. Dans ce cas, il faut introduire dans la zone surélevée une charge surfacique pour prendre en compte l'augmentation de charge permanente du plancher. Dans notre exemple, nous introduirons dans la zone d'entrée une charge qui prend en compte cette surélévation. Dans les cas où la différence de cotes est importante ou qu'elle couvre une grande surface, il convient d'assigner le dénivelé correspondant en utilisant l'option « Groupes > Planchers inclinés / Dénivelés ». De cette façon, le programme crée un plancher ayant deux cotes et, dans le cas où les deux zones sont séparées par une poutre plate, celle-ci aura une épaisseur égale à celle du plancher plus le dénivelé entre

les deux zones. Dans le cas où le dénivelé est supérieur et que nous ne souhaitons pas qu'il existe une connexion entre ces deux parties, il faudra créer un groupe intermédiaire entre le plancher actuel et le suivant, la hauteur du niveau intermédiaire étant le dénivelé entre les deux zones.

### 1.1.2. Actions à considérer

#### 1.1.2.1. Charges permanentes

Nous allons analyser les charges permanentes qui agiront dans notre exemple afin de les introduire par la suite au fur et à mesure que nous définissons le projet dans le programme.

Élément	Poids
Plancher réticulé de blocs perdus 25+5	4,71 kN/m <sup>2</sup>
Plancher réticulé de blocs perdus 30+5	5,42 kN/m <sup>2</sup>
Cloisons	1 kN/m <sup>2</sup>
Revêtement du sol	1,10 kN/m <sup>2</sup>
Murs extérieurs rez-de-chaussée	11 kN/m
Murs extérieurs étages des logements	8 kN/m
Garde-corps	3 kN/m
Surélévations	16 kN/m <sup>3</sup>

#### 1.1.2.2. Charges d'exploitation

Il faut également connaître l'utilisation qui sera faite de chacun des niveaux. Consultez l'Eurocode 1, partie 1-1 pour assigner les charges d'exploitation à considérer dans le programme.



Plancher	Catégorie d'utilisation	Charge d'exploitation [kN/m <sup>2</sup> ]
Toit de cabine	H	1
Couverture	H	1
3 <sup>ème</sup> étage	A	2
2 <sup>ème</sup> étage	A	2
1 <sup>er</sup> étage	A	2
Rez-de-chaussée	D	5

### 1.1.2.3. Action du vent

Selon le tableau 4.3 de l'annexe nationale de l'Eurocode 1, partie 1-4, notre bâtiment se situe en région 3 (Pyrénées-Orientales). D'autre part, la construction sera réalisée en zone urbanisée (catégorie de terrain IIIb).

### 1.1.2.4. Action sismique

Nous appliquerons la norme PS-92. Perpignan se situe en zone Ib de sismicité faible.

### 1.1.2.5. Charge de neige

D'après le tableau A.1 de l'Eurocode 1, partie 1-3, Perpignan se trouve en zone D. La valeur caractéristique de la charge de neige à prendre en compte est donc **0.90 kN/m<sup>2</sup>**.

### 1.1.2.6. Résistance au feu

Dans notre exemple, nous calculerons la résistance au feu avec l' Eurocode 2 partie 1-2 en considérant que le sous-sol devra être capable de résister au feu 120 min et le reste des niveaux 60 min.

## 1.1.3. Installation préalable des exemples

Afin d'avoir accès aux fichiers DWG de cet exemple, vous devez les installer en cliquant sur "Fichier > Gestion Fichiers" de la fenêtre principale de CYPECAD et en cliquant sur le bouton "Exemples" de la fenêtre Gestion Fichiers. Vous pouvez également ouvrir l'exemple que vous allez réaliser ici en ouvrant le fichier "EXEMPLE, Exemple d'introduction d'un ouvrage dans CYPECAD".

## 1.2. Création du fichier

Après avoir cliqué sur l'option « Nouveau » du menu « Fichier » et donné le nom et la description du nouveau projet, une boîte de dialogue disposant de plusieurs options différentes pour la création de votre projet s'ouvrira.

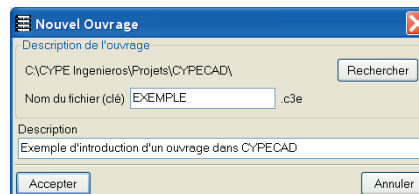


Fig. 1.3

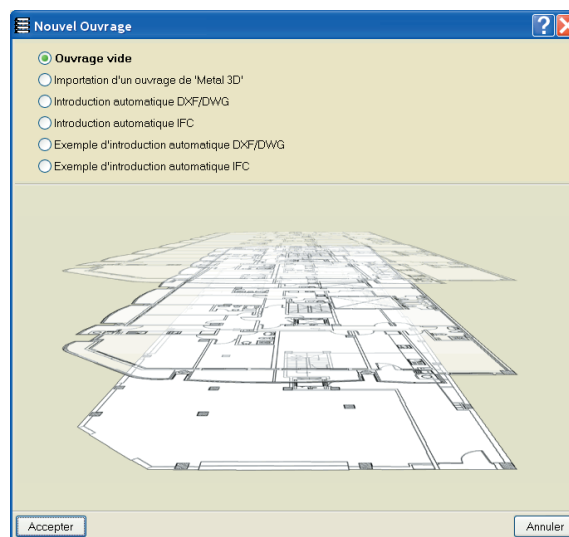


Fig. 1.4

Si vous ne disposez ni de fichier IFC du projet, ni de fichiers DXF/DWG structurés, vous devrez utiliser l'option « Introduction d'un ouvrage vide ». Si vous possédez des fichiers DXF/DWG du projet, vous pouvez utiliser l'introduction automatique des ouvrages et pour finir, si vous possédez un fichier IFC de la structure, vous pouvez profiter du travail réalisé dans le programme de CAD pour introduire le projet.

Pour cet exemple, nous allons expliquer pas à pas comment introduire l'ouvrage en utilisant les deux méthodes d'introduction automatiques afin de voir les différences. Si vous souhaitez utiliser l'introduction automatique en utilisant un DXF/DWG, allez au point 1.2.1. Si vous voulez utiliser un fichier IFC, allez au point 1.2.2.

### 1.2.1. Introduction au moyen de l'option « Introduction automatique DXF/DWG »

Sélectionnez l'option « Introduction automatique DXF/DWG » et acceptez la fenêtre.

Une fois cela fait, vous allez devoir compléter les données du bâtiment. Pour cela, suivez les étapes suivantes.

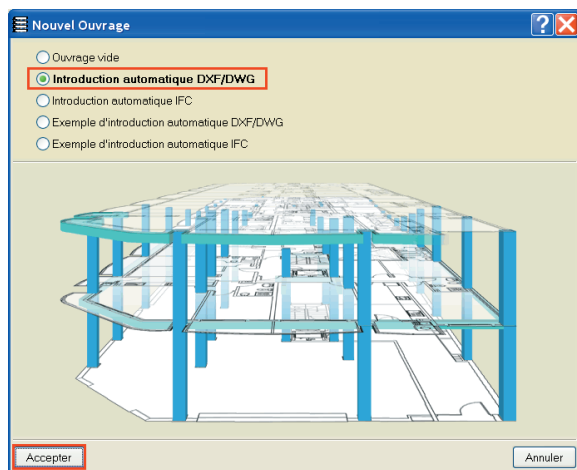


Fig. 1.5

#### 1.2.1.1. Assistant DXF/DWG : « Données du bâtiment »

Laissez la case « Sous-sols » activée en indiquant que le bâtiment en possède un de hauteur 2,50 m et que la charge permanente et la surcharge ne seront pas prises en compte étant donné que la structure est fondée sur des semelles isolées.

Au rez-de-chaussée, la hauteur est de 3,8 m, la surcharge est de 5 kN/m<sup>2</sup> et le poids mort de 2,1 kN/m<sup>2</sup> (Cloisons plus revêtement).

Dans les niveaux, laissez la case activée et indiquez que le bâtiment possède 3 niveaux, ayant chacun une hauteur de 2,8 m, une surcharge de 2 kN/m<sup>2</sup> et un poids mort de 2,1 kN/m<sup>2</sup>.

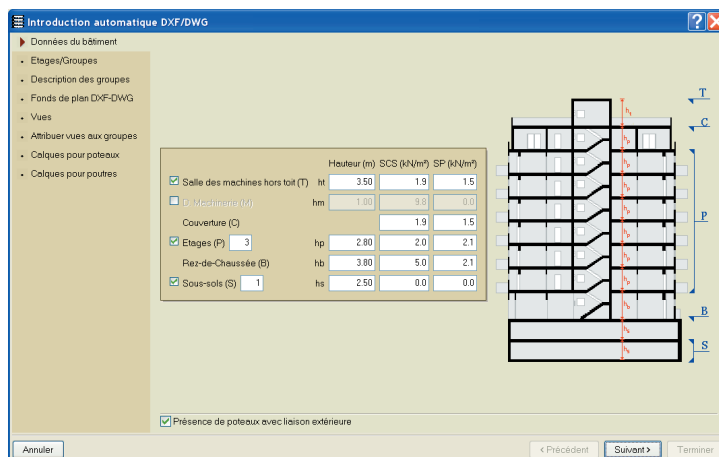


Fig. 1.6

Dans la couverture, indiquez que la surcharge est de 1,9 kN/m<sup>2</sup> (Charge d'exploitation + Charge de neige) et le poids mort de 1,5 kN/m<sup>2</sup> (revêtement en couverture).

Pour finir, activez la salle des machines mais pas la dalle de machinerie, en introduisant une hauteur de 3,5 m par rapport à la couverture et des charges égales à celles de la couverture. Avant de passer à la fenêtre suivante de l'assistant, laissez activée la case « Présence de poteaux avec liaison extérieure ».

### 1.2.1.2. Assistant DXF/DWG : « Niveaux/Groupes »

Dans la fenêtre « Niveaux/Groupes », indiquez que les niveaux 2 et 3 sont égaux. Pour cela, désactivez la case de la colonne « Début du groupe » dans la ligne du niveau 3. Dans le schéma du bâtiment, une clé comprenant les deux niveaux apparaîtra automatiquement, indiquant qu'ils sont groupés. Laissez la valeur de cote du plan de fondation égale à -2,5 m.

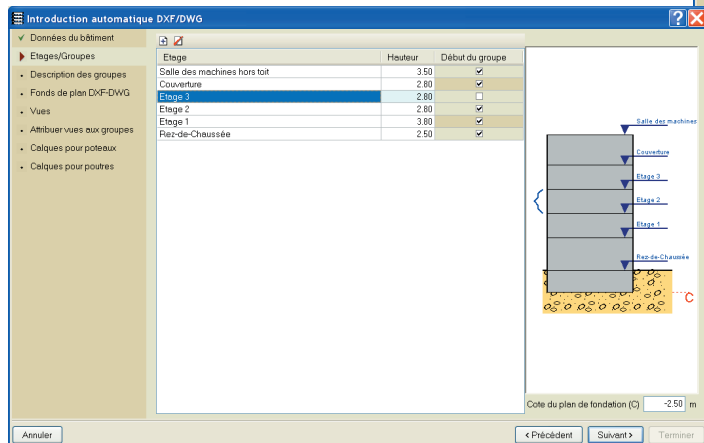


Fig. 1.7

### 1.2.1.3. Assistant DXF/DWG : «Description des groupes»

Dans cette fenêtre, vous pouvez corriger les valeurs introduites et donner un nom aux groupes de niveaux qui seront générés. Pour cet exemple, laissez les données par défaut.

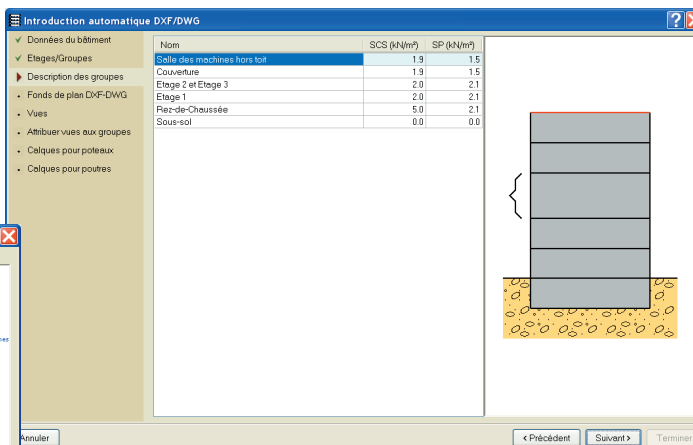



Fig. 1.8

### 1.2.1.4. Assistant DXF/DWG : « Fonds de plan DXF/DWG »

Nous allons maintenant importer les fichiers de CAD qui se trouvent dans le répertoire:

« \CYPE Ingenieros\Exemples\CYPECAD ». Pour avoir accès à ce répertoire, vous devez au préalable l'avoir installé comme indiqué au paragraphe 1.1.3.

Pour cela, cliquez sur le bouton  et, dans la fenêtre de sélection des fonds d'écran qui s'ouvrira, allez dans le répertoire dans lequel se trouvent les fichiers, sélectionnez les tous et cliquez sur le bouton « Ouvrir » (Fig. 1.9).

Une fois les fichiers importés, il est possible d'activer et de modifier les calques qui les composent. Pour cet exemple, laissez les calques tels qu'ils sont. Vous pouvez modifier les couleurs si vous travaillez sur fond blanc. Il est possible de changer la couleur de tous les calques en cliquant sur «Couleur» (Fig. 1.10).

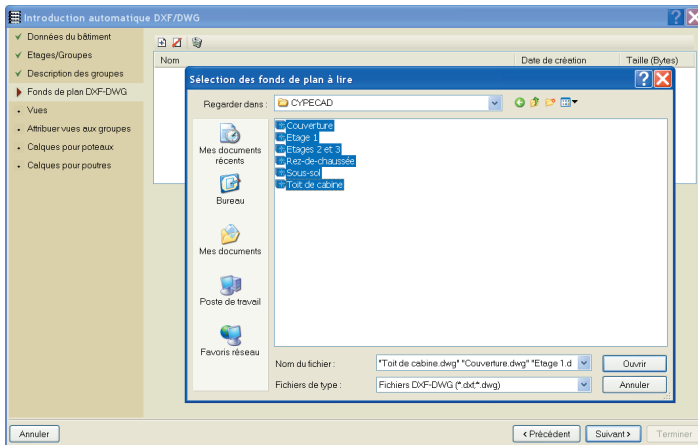


Fig. 1.9

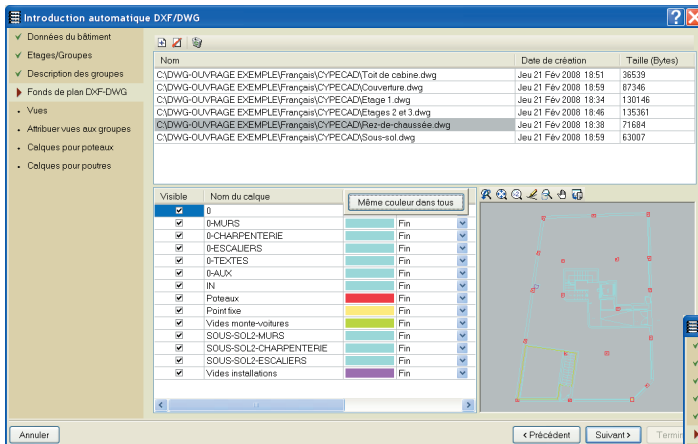


Fig. 1.10

### 1.2.1.5. Assistant DXF/DWG : « Vues »

Comme dans cet exemple, un fichier de CAD a été défini pour chaque groupe, il n'est pas nécessaire de changer quoi que ce soit dans la fenêtre des vues. Dans le cas où un seul fichier de dessin est importé, il faut créer une vue pour chaque groupe, en définissant pour chacune d'elles la configuration des calques correspondant au groupe en question.

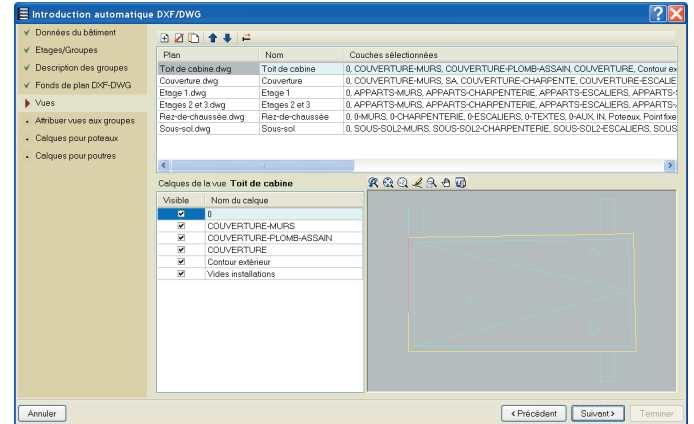


Fig. 1.11

### 1.2.1.6. Assistant DXF/DWG : « Attribuer vues aux groupes »

Dans cette fenêtre, assignez pour chaque groupe créé par le programme une vue ou un fichier de CAD. Dans le cas où le nom du fichier coïncide avec celui du groupe, l'attribution se fait automatiquement ; dans le cas contraire il faudra sélectionner un groupe de la liste de gauche et activer la case correspondant à la vue ou au fichier à assigner de la liste de droite. Le processus doit être répété pour chacun des groupes de niveaux du projet.

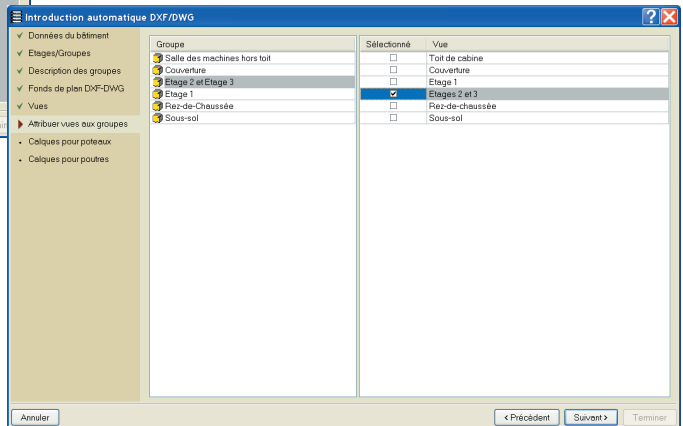


Fig. 1.12

### 1.2.1.7. Assistant DXF/DWG : « Calques pour poteaux »

Dans cette fenêtre, sélectionnez le calque dans lequel sont dessinés les poteaux « Poteaux » et, comme le point fixe a été dessiné dans le fichier de CAD, activez l'option « Calques définissant le point fixe » et sélectionnez son calque correspondant « Point fixe ».

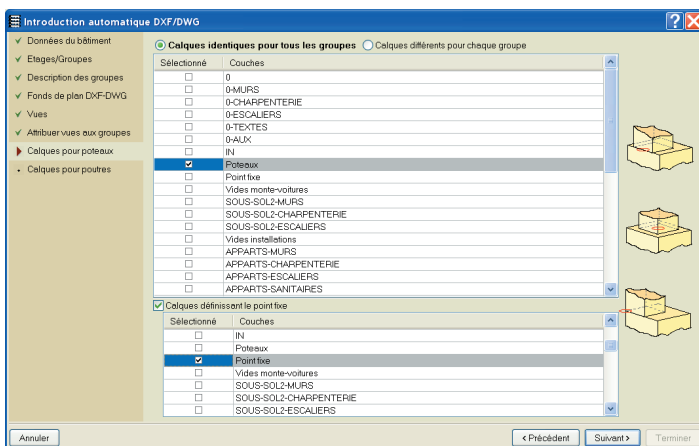


Fig. 1.13

### 1.2.1.8. Assistant DXF/DWG : « Calques pour poutres »

Faites maintenant de même avec les poutres, en sélectionnant tout d'abord le calque correspondant au contour extérieur des niveaux puis en lui assignant un type de poutre plate de largeur 30 cm et, étant donné que le dessin représente l'architecture terminée, appliquez un déplacement vers l'intérieur de 5 cm.

Dans le paragraphe des vides, sélectionnez les calques « Vides ascenseur », « Vides escaliers » et « Vides monte-voitures » et assignez-leur une poutre plate de largeur 30 cm sans déplacement. Pour finir sélectionnez le calque « Vides installations » et assignez-lui un chaînage non structural de largeur 15 cm.

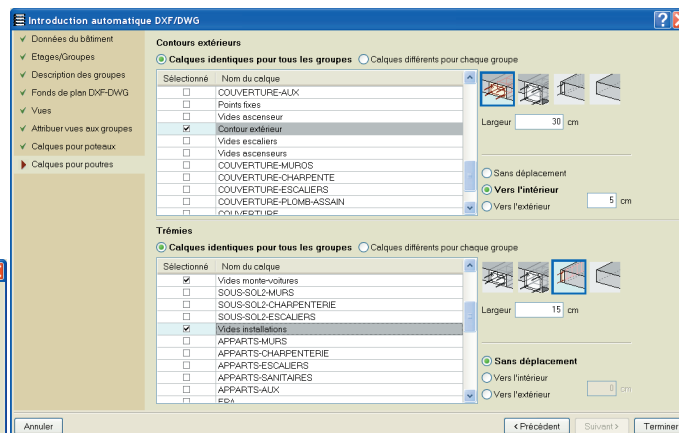


Fig. 1.14

## 1.2.2. Introduction au moyen de l'option « Introduction automatique IFC »

Sélectionnez l'option « Introduction automatique IFC » et acceptez la fenêtre.

Une fois cela fait, vous allez devoir compléter les données du bâtiment. Pour cela, suivez les étapes suivantes.

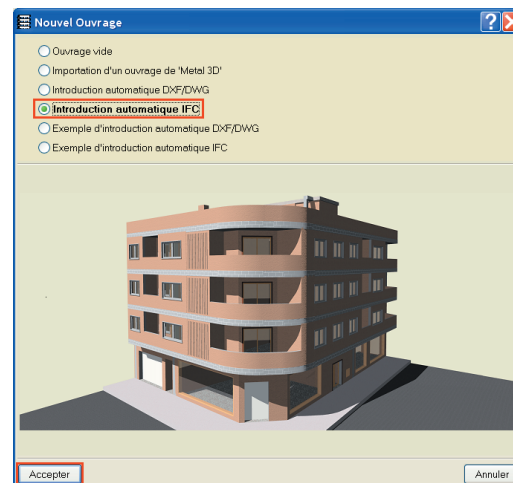


Fig. 1.15

### 1.2.2.1. Assistant IFC « Sélection du fichier »

Lorsque vous choisissez l'option « Importation automatique IFC » pour créer un nouvel ouvrage, la fenêtre « Ouvrir » apparaît. Vous devez sélectionner le projet à ouvrir. Pour cet exemple, sélectionnez le fichier « Exemple IFC ».

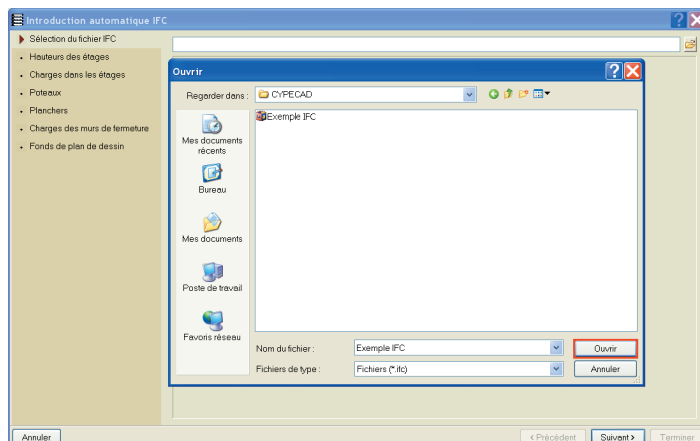


Fig. 1.16

Après le processus d'importation, vous visualiserez une vue schématique du fichier importé et, en dessous, les incidents apparus lors de l'importation du fichier.

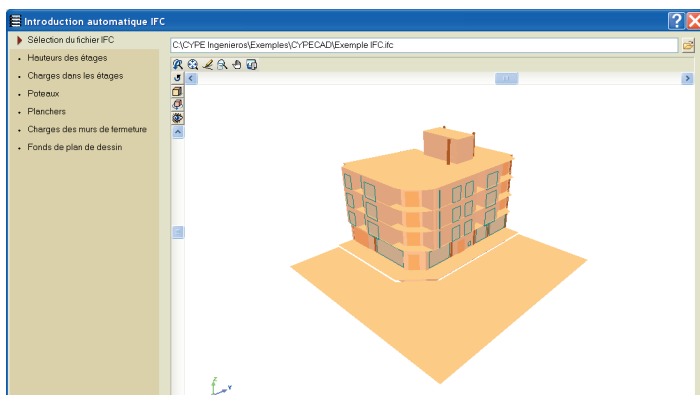


Fig. 1.17

### 1.2.2.2. Assistant IFC « Hauteur des niveaux »

Cliquez sur le bouton « Suivant » pour ouvrir la fenêtre « Hauteur des niveaux », dans laquelle vous pouvez voir la structure des niveaux avec laquelle le fichier IFC a été créé. Sous le schéma, vous pouvez changer la cote du plan de fondation. Pour cet exemple, introduisez -2,5 m et sélectionnez « Encastrée (avec liaison extérieure) » comme type de fondation, étant donné que la fondation sera réalisée avec des semelles.

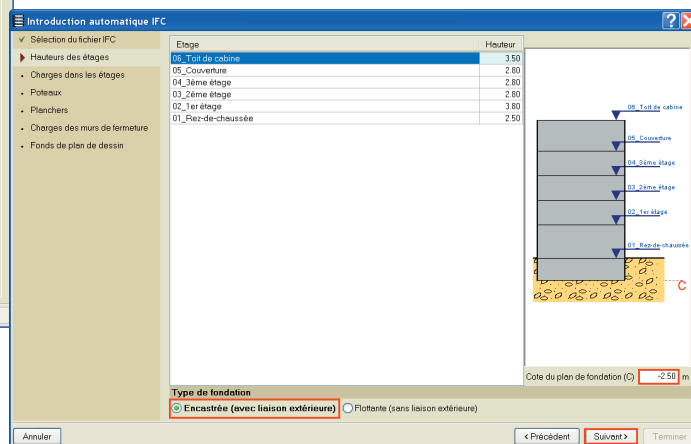


Fig. 1.18

### 1.2.2.3. Assistant IFC « Charges dans les niveaux »

Vous trouverez ici les valeurs des « Charges d'exploitation » et des « Charges mortes ». Dans le sous-sol, ces charges ne seront pas prises en compte, étant donné que la structure est fondée sur des semelles isolées.

Au rez-de-chaussée, indiquez que la « charge d'exploitation » est de 5 kN/m<sup>2</sup> et que les « Charges mortes » sont de 2,1 kN/m<sup>2</sup> (cloisons + revêtement). Dans les niveaux de logements, laissez une « Charge d'exploitation » de 2 kN/m<sup>2</sup> et des « Charges mortes » de 2,1 kN/m<sup>2</sup>. Dans la couverture et la salle des machines, une « Charge d'exploitation » de 1,9 kN/m<sup>2</sup> (charge d'exploitation + charge de neige) et

des « Charges mortes » de  $1,5 \text{ kN/m}^2$  (Revêtement en couverture).

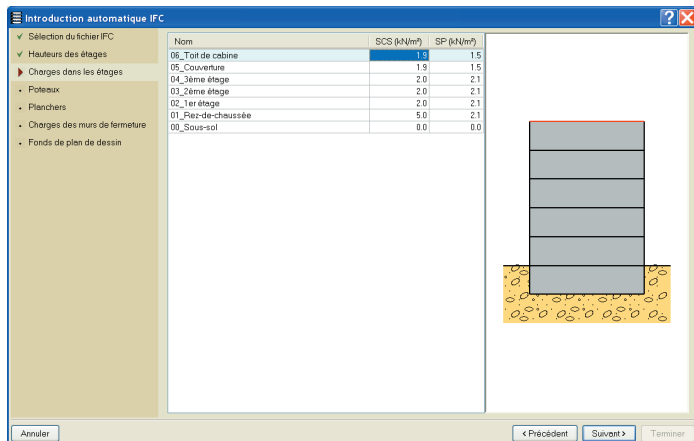


Fig. 1.19

#### 1.2.2.4. Assistant IFC « Poteaux »

Après la définition des charges dans les niveaux, passez à la définition des poteaux. L'assistant affiche les différents matériaux avec lesquels les poteaux ont été définis. Les poteaux du même matériau que celui sélectionné dans la liste sont représentés en rouge.

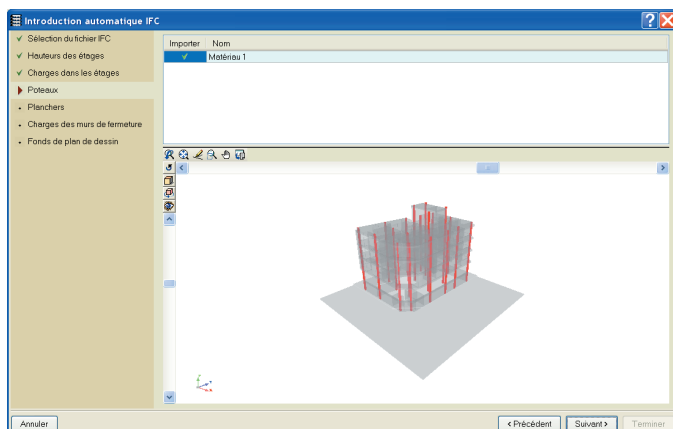


Fig. 1.20

#### 1.2.2.5. Assistant IFC « Planchers »

Une fois les poteaux que l'on désire importer sélectionnés, sélectionnez les planchers, leurs poutres de périmètre et leurs trémies. De même que dans le paragraphe des poteaux, l'assistant affiche une liste avec les planchers ou sols définis dans le fichier IFC. Lorsque vous cliquez sur l'un d'entre eux, il s'affiche en rouge dans la vue 3D du fichier. Dans la colonne « Importer », désactivez ceux que vous ne désirez pas importer (Sol: rue, Sol: Trottoir, Sol: Générique100, Sol: Générique200). Une fois cela fait, cliquez sur « Sol: Plancher réticulé » et à droite, dans « Contours extérieurs », sélectionnez la poutre plate, de largeur 30 cm et pour les trémies, sélectionnez le chaînage non structural de largeur 0. Faites de même pour le « Sol: Générique300 ».

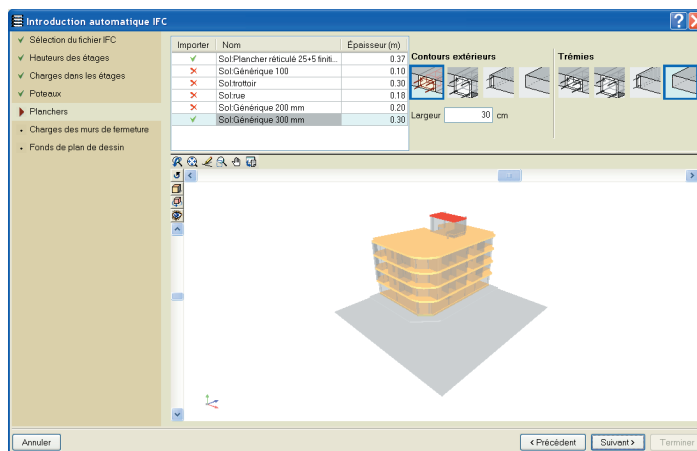


Fig. 1.21

#### 1.2.2.6. Assistant IFC « Charges des murs de fermeture »

Une fois les planchers définis, sélectionnez les murs extérieurs que vous souhaitez importer et assignez-leur un matériau, auquel est assigné un poids superficiel. Le programme calculera la charge linéaire qui sera introduite dans l'ouvrage, en fonction de la hauteur du mur.

De même que pour les planchers, lorsque vous sélectionnez un mur de la liste, il s'affichera en rouge. Pour lui assigner le matériau, cliquez sur le bouton « Non défini », et sélectionnez le type. Pour cet exemple, utilisez un matériau générique de poids 2,86 kN/m<sup>2</sup>.

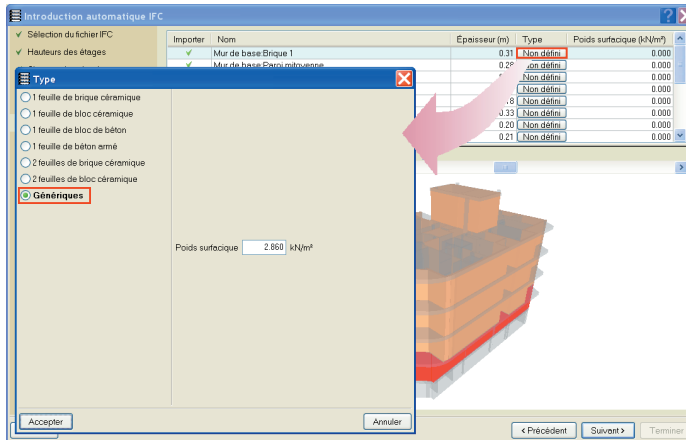


Fig. 1.22

### 1.2.2.7. Assistant IFC « Fonds de plans du dessin »

Pour finir, sélectionnez les éléments que vous voulez voir apparaître dans le fond de plan DXF/DWG que va générer le programme à partir du fichier IFC.

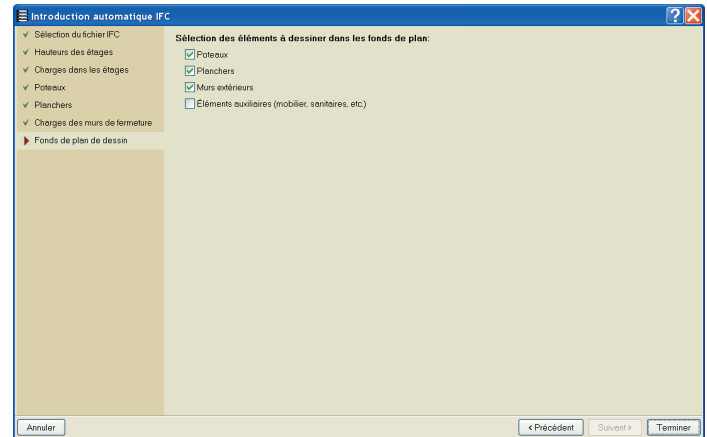


Fig. 1.24

Désactivez ceux qui correspondent aux cloisons en cliquant sur la case de la colonne « Importer ».

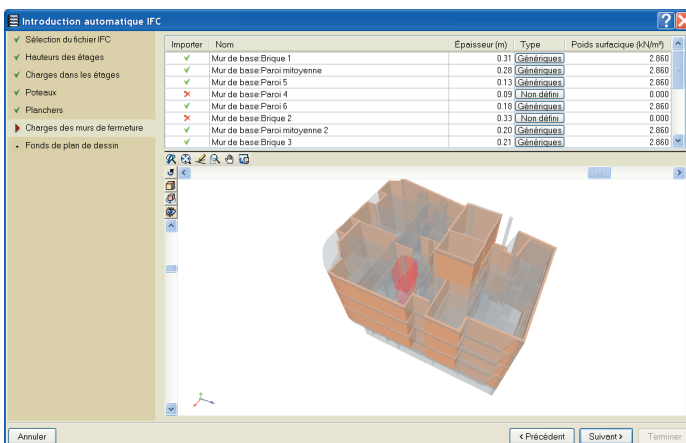


Fig. 1.23

La création du projet est maintenant terminée. Nous allons poursuivre avec l'introduction des données générales de l'ouvrage.

## 1.3. Introduction des données générales de l'ouvrage

### 1.3.1. Normes et matériaux

Une fois les données introduites dans l'assistant, la fenêtre « Données Générales » apparaît. Dans cette fenêtre, vous pouvez spécifier la norme, les matériaux et les actions à appliquer sur l'ouvrage.

Pour notre projet, nous laisserons les Eurocodes, avec pour tout l'ouvrage le béton C25/30 et l'acier S-500.



### 1.3.2. Vent

Dans le paragraphe des actions du dialogue, activez l'action du vent en sélectionnant l'Eurocode 1 (France). Choisissez la région 3 et une catégorie de terrain IIIb correspondant à une zone urbanisée. Quant aux largeurs de bande, utilisez l'option « Par niveau » et introduisez  $Y=23$  m et  $X=17$  m pour les niveaux et  $Y=4$  m et  $X=7$  m pour le toit de cabine.

D'autre part, nous considérerons que le terrain est ascendant suivant la direction X avec, en suivant les notations du programme :  $X = 6$  m,  $H = 3$  m et  $Lu = 20$  m. Dans les autres directions, l'orographie du terrain est considérée comme plane.

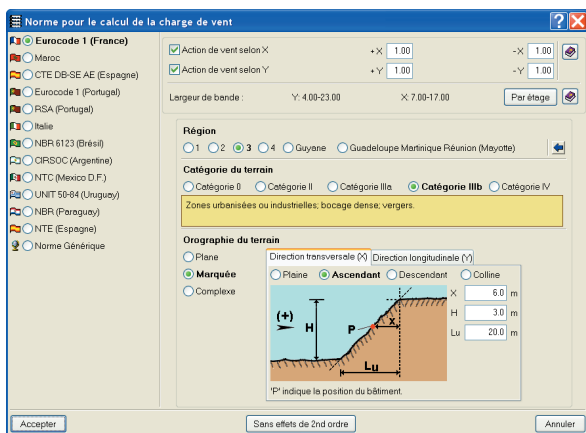


Fig. 1.25

### 1.3.3. Séisme

Activer également l'action sismique et sélectionnez la norme PS92. Puisque notre ouvrage se situe à Perpignan, cochez la zone sismique Ib et une altitude topographique inférieure à 500 m. Cochez la classe de risque B (logements) et le type de terrain S1.

En ce qui concerne le nombre de modes, vous devez sélectionner un nombre tel que la totalité de la masse de la structure soit excitée. Pour chaque zone indépendante d'un niveau, on peut considérer 3 modes de vibration, c'est-à-dire que pour notre exemple, nous devrions considérer 18 modes de vibration (6 niveaux ayant 3 modes de vibration chacun). Cependant, le fait de considérer dans un calcul un nombre de modes élevé implique un temps de calcul beaucoup plus élevé. En effet, cela étire le nombre de combinaisons dans la phase d'armement. Il est donc préférable, si vous vous trouvez dans une première phase de calcul du projet, pour ajuster les dimensions des poutres, des poteaux, etc., de laisser les 6 modes qui viennent par défaut et, après le calcul, de consulter la liste des coefficients de participation dans le cadre des récapitulatifs. Vérifiez également que la masse mobilisée dans les deux directions est supérieure à 95%. Si c'est le cas le nombre de modes est considéré comme adéquat, dans le cas contraire, augmentez le nombre de modes.

Dans le paragraphe d'amortissement, laissez 5% correspondant aux structures de béton compartimentées et comme partie de surcharge à considérer 0,5.

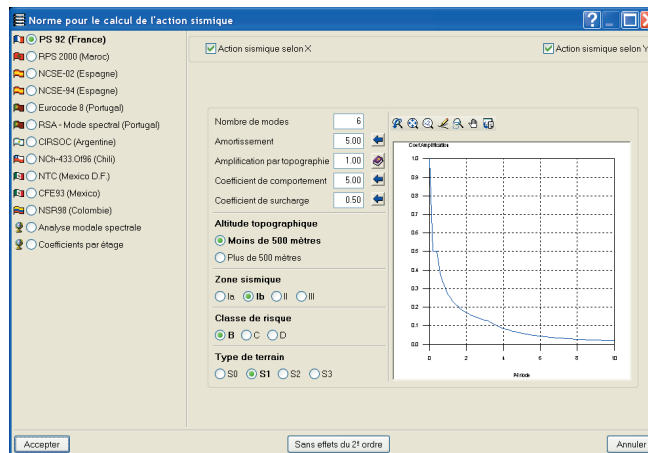


Fig. 1.26

### 1.3.4. Feu

Pour réaliser le contrôle et le dimensionnement de la structure au feu, il faudra activer la case « Vérifier résistance au feu ». Le programme ouvrira une fenêtre dans laquelle vous devrez activer R120 pour le rez-de-chaussée et R60 pour les autres niveaux. Vous devrez également activer la case selon laquelle les planchers doivent remplir la fonction de partage et introduire le revêtement « M.Plâtre ».

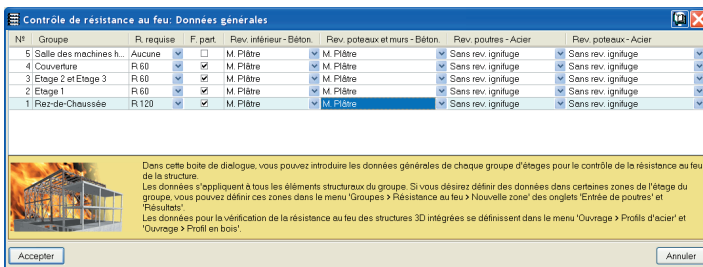


Fig. 1.27

## 1.4. Niveaux, groupes et poteaux (onglet Entrée des poteaux)

### 1.4.1. Création de niveaux et groupes du projet

Si vous avez importé l'ouvrage via un fichier IFC, les groupements de niveaux existants doivent être spécifiés. Comme commenté plus haut, les niveaux 2 et 3 peuvent être groupés. Pour cela, utilisez l'option « Unir groupes » de l'option « Niveaux/Groupes » du menu « Introduction ». S'ouvrira une fenêtre dans laquelle apparaît un schéma des niveaux de l'ouvrage avec une clé rouge qui montre les niveaux unis en un seul groupe. Cliquez avec le bouton principal de la souris entre les groupes (Fig. 1.28).

Après avoir accepté la fenêtre, il vous sera demandé de spécifier le niveau dont vous désirez conserver les données. Étant donné que les deux sont égaux, vous pouvez choisir n'importe lequel (Fig. 1.29).

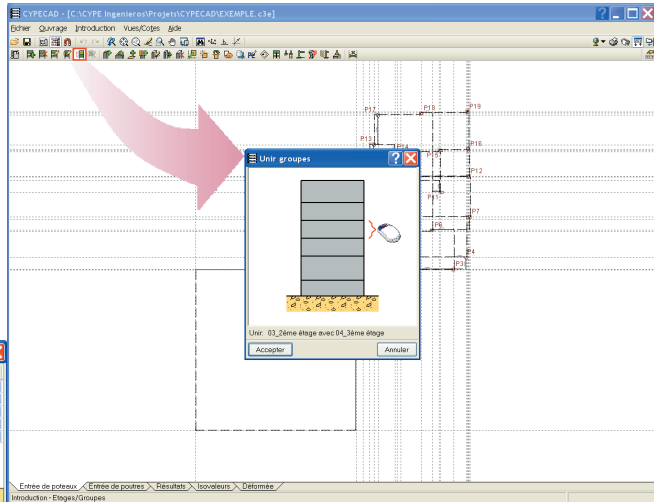


Fig. 1.28

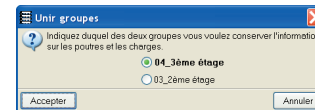


Fig. 1.29

### 1.4.2. Introduction des poteaux

Après avoir importé l'ouvrage en utilisant l'un des deux assistants d'introduction automatique, il est nécessaire d'ordonner les poteaux de façon à ce que les références suivent un ordre afin que les poteaux puissent être localisés rapidement lors de la consultation des plans de l'ouvrage. Cela est notamment important dans les grands ouvrages pour lesquels il est très difficile de retrouver un poteau par sa référence s'ils ne sont pas ordonnés.

Pour corriger cela, utilisez l'option « Modifier références » de l'option « Poteaux, noyaux et écrans » du menu « Introduction » et suivez un ordre croissant de la gauche vers la droite et du bas vers le haut en commençant par le coin inférieur gauche. Une fois l'option sélectionnée, cliquez sur le poteau du coin inférieur gauche, donnez-lui une référence puis activez la case « numéroté consécutivement ». Cli-

quez ensuite avec le bouton principal de la souris sur chacun des poteaux en suivant l'ordre commenté plus haut.

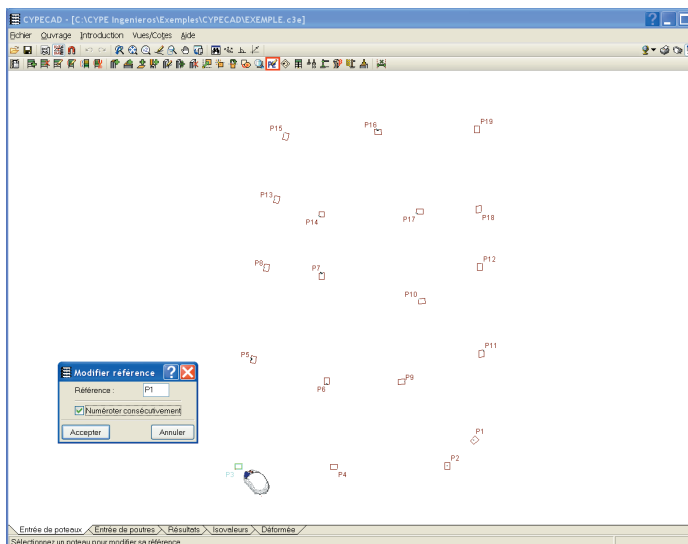


Fig. 1.30

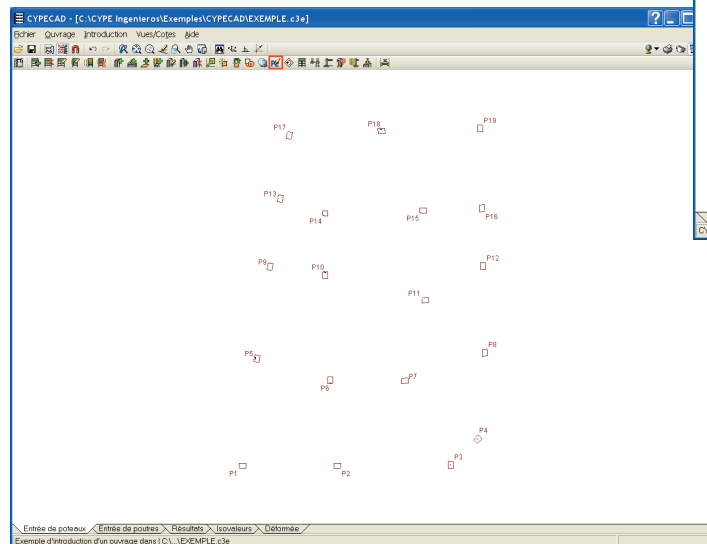



Fig. 1.31

## 1.5. Introduction des poutres, des murs et des planchers (onglet Entrée des poutres)

### 1.5.1. Murs

Situez-vous ensuite au « Rez-de-chaussée » pour introduire le mur de contour du sous-sol. Si l'introduction des données précédentes a été réalisée en utilisant une des deux introductions automatiques, il faudra effacer les poutres qui croisent le périmètre du bâtiment au rez-de-chaussée. Pour cela utilisez l'option « Effacer »  du menu « Poutres/Murs » et cliquez sur les poutres qui ont été générées dans le périmètre.

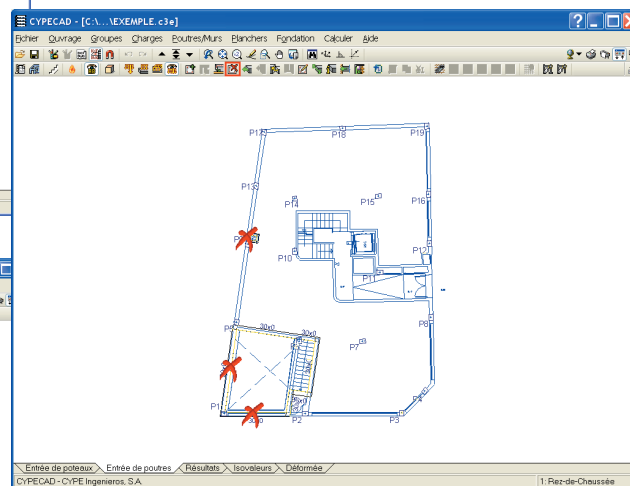



Fig. 1.32

De la même façon, effacez les poutres qui croisent perpendiculairement le mur. Une fois cela fait, le mur peut être introduit.

Pour l'introduction du mur, utilisez l'option « Entrer mur »  du menu « Poutres/Murs ». En sélectionnant cette option vous ouvrirez une fenêtre flottante avec quatre options d'introduction des murs : « Mur en béton armé », « Mur de blocs de béton Normabloc », « Mur de blocs de béton générique » et « Mur de maçonnerie ».

Sélectionnez le premier (mur en béton), puis indiquez qu'il naît dans le groupe 0 et définissez des largeurs à gauche et à droite égales (0,15 m). Cliquez ensuite sur le bouton des poussées pour les définir.

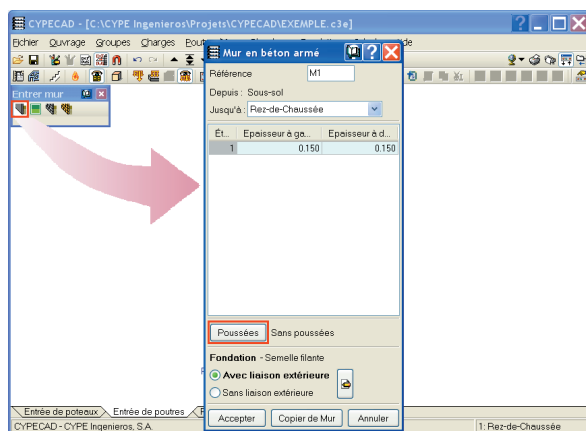



Fig. 1.33

La fenêtre « Poussées des terres sur les murs » s'ouvrira. Cliquez sur  pour ajouter une nouvelle poussée. Laissez par défaut une seule situation de remblai et cliquez sur le bouton du dessin du mur pour la décrire.

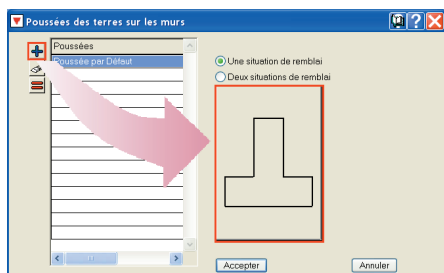


Fig. 1.34

Dans la boîte de dialogue « Situation de remblai », sélectionnez « Charge permanente » comme hypothèse à assi-

gner à la poussée des terres puis cliquez sur le bouton « Terrain » pour définir celui-ci.

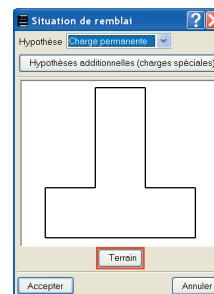


Fig. 1.35

Activez la case « Avec remblai » en plaçant celui-ci à la cote 0 m et laissez les valeurs par défaut du programme. Dans le paragraphe des charges, ajoutez une charge uniforme sur tout le terrain de 10kN/m<sup>2</sup>.

Acceptez la fenêtre actuelle et les deux précédentes, ce qui ouvrira la fenêtre « Édition des poussées du mur ». Comme le sens d'introduction du mur sera anti-horaire, sélectionnez une poussée agissant à droite.

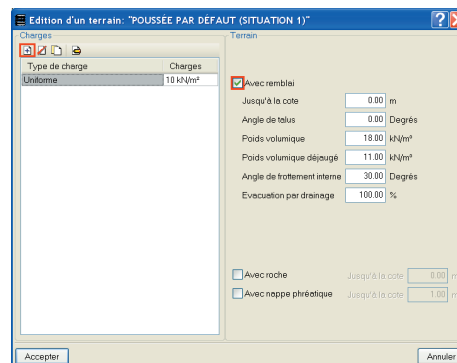


Fig. 1.36

Pour finir, avant de commencer à introduire le mur, vous devrez définir le type de fondation. Pour ce cas, sélectionnez «

Avec liaison extérieure » et cliquez sur le bouton pour éditer la semelle. La fenêtre « Fondation. Avec liaison extérieure » s'ouvrira. Sélectionnez « Semelle filante » et « Débord à gauche seulement ».

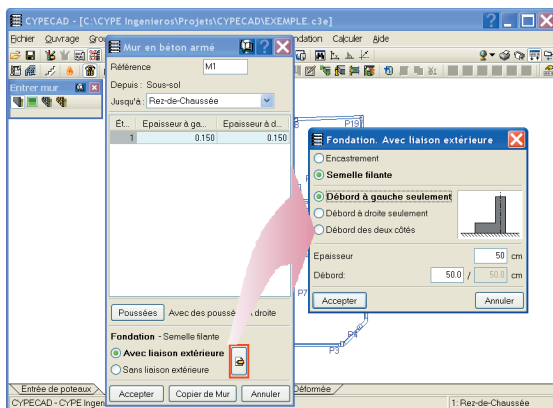


Fig. 1.37

Introduisez maintenant le mur défini en cliquant sur le poteau P1 puis déplacez le curseur jusqu'au poteau P3, sur lequel vous cliquerez à nouveau. Introduisez ainsi les murs l'un après l'autre. N'oubliez pas que l'introduction doit toujours être réalisée dans le sens anti-horaire.

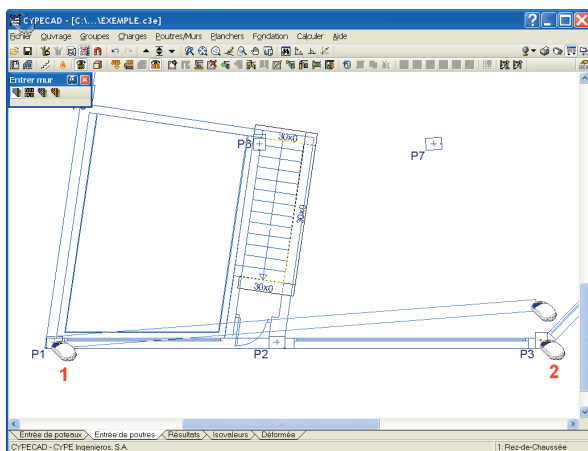


Fig. 1.38

Une fois les murs introduits, vous verrez apparaître la croix indiquant qu'il y a une enceinte fermée dans laquelle peuvent être introduits des planchers. Avant toute chose, vous devrez les ajuster au périmètre du fond de plan de CAD en utilisant l'option « Ajuster » du menu « Poutres/Murs ». Une fois l'option sélectionnée, appuyez sur la touche de fonction « F3 » du clavier pour activer la fenêtre « Sélection de captures » et sélectionnez « plus proche ».

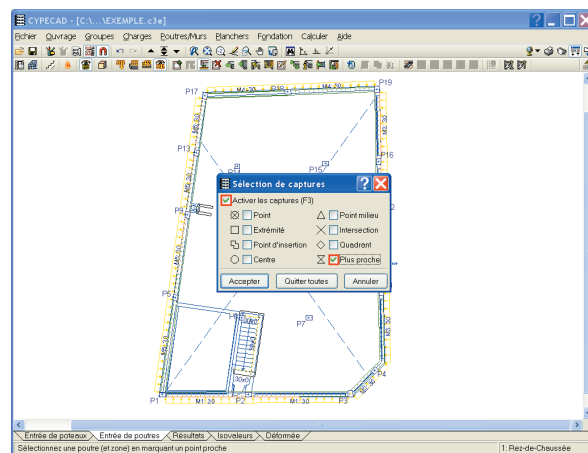


Fig. 1.39

Lorsque vous placez le curseur près du côté du mur que vous souhaitez ajuster et proche de la ligne de capture du fond de plan CAD, vous verrez que le symbole de capture « Plus proche » apparaît et, en cliquant avec le bouton principal de la souris, le mur s'ajustera au fond de plan.


Répétez ce processus sur tous les murs du projet.

## 1.5.2. Poutres

Si vous avez utilisé l'introduction automatique DXF/DWG, continuez l'exemple avec le paragraphe suivant. Si vous avez utilisé l'introduction automatique IFC, allez directement au paragraphe 1.5.2.2.

### 1.5.2.1. Si l'introduction DXF/DWG a été utilisée

#### 1.5.2.1.1. Rez-de-chaussée

Vous allez maintenant introduire les poutres effacées précédemment et, pour compléter l'introduction, faites un zoom sur la zone du monte-voitures. Utilisez l'option « Prolonger poutre »  du menu « Poutres/Murs » pour prolonger la poutre qui arrive au poteau « P6 » jusqu'au mur « M5 ». Laissez l'option par défaut « poutre qui est prolongée » et décochez la case de longueur fixe.

Approchez le curseur de l'extrémité de la poutre au niveau du poteau « P6 ». Vous ferez ainsi apparaître en rouge la poutre. Cliquez avec le bouton principal de la souris : la poutre se dessine en jaune. Déplacez la souris vers le mur, jusqu'à ce qu'il soit capturé, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'un point rouge apparaisse à l'extrémité de la poutre et cliquez de nouveau avec la souris. La poutre est maintenant prolongée.

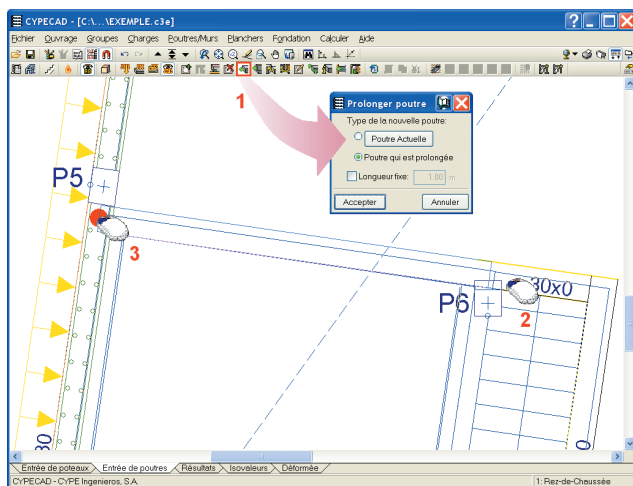




Fig. 1.40

Introduisez maintenant la poutre allant du poteau « P6 » jusqu'au mur horizontal inférieur. Pour cela, vous devez d'abord effacer le tronçon de poutre qui ferme l'escalier croisant la poutre à introduire car le programme émettra un avis d'éléments superposés si elle n'est pas effacée. Avant de l'effacer, il est plus pratique de la prolonger vers la droite, de façon à avoir une poutre ajustée au contour qui vous servira pour la prolonger jusqu'à la poutre que vous allez introduire. Une fois cela fait, utilisez l'option « Entrer poutre »  du menu « Poutres/Murs » dans l'option « Poutre actuelle »  du menu flottant. Vérifiez que la poutre en retombée est sélectionnée avec 20 cm de largeur et 35 cm de hauteur et cliquez comme premier point sur le poteau « P6 » avant de déplacer le curseur jusqu'au second point, le mur où celle-ci se termine.

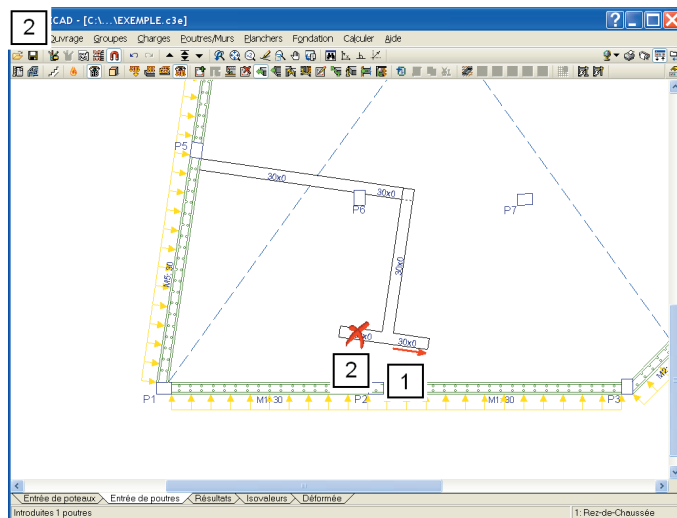


Fig. 1.41

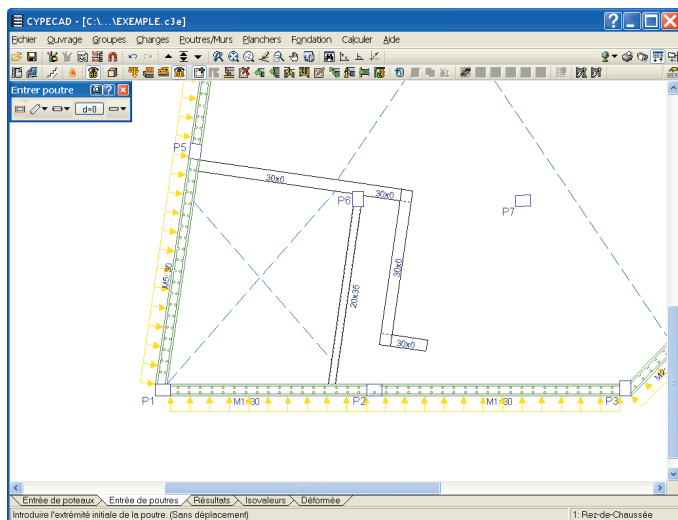



Fig. 1.42

Une fois la poutre introduite, ajustez sa face gauche à la ligne de fond de plan du dessin qui définit le vide du monte-voitures. Réalisez cette étape de la même façon que cela a été fait pour les murs. Une fois ajustée, introduisez et ajustez les poutres manquantes (fermeture de l'escalier et vide de ventilation du sous-sol).

### 1.5.2.1.2. Salle des machines

Nous allons maintenant passer à l'introduction des poutres de la salle des machines. Pour cela, cliquez sur l'option « Aller au groupe »  et sélectionnez le groupe « Salle des machines »

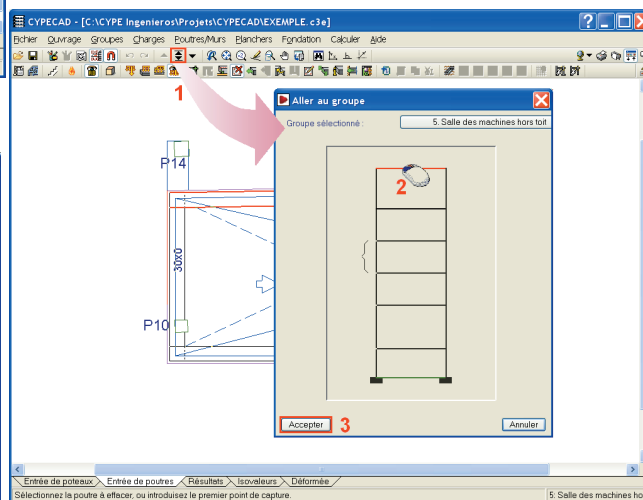


Fig. 1.44

Modifiez la largeur de la poutre qui va au poteau « P10 » en utilisant l'option « Attribuer poutres » du menu « Poutres/Murs ». Laissez l'option « Selon ajustage de la poutre » et en cliquant sur « Poutre actuelle », sélectionnez la poutre plate de largeur 50 cm. Acceptez la fenêtre, approchez le curseur de la poutre qui se marquera en jaune et cliquez alors avec le bouton principal de la souris sur la poutre, qui sera modifiée.

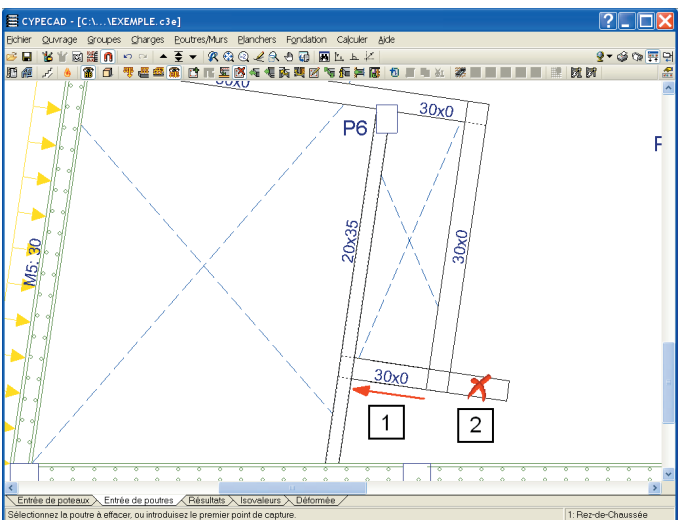


Fig. 1.43

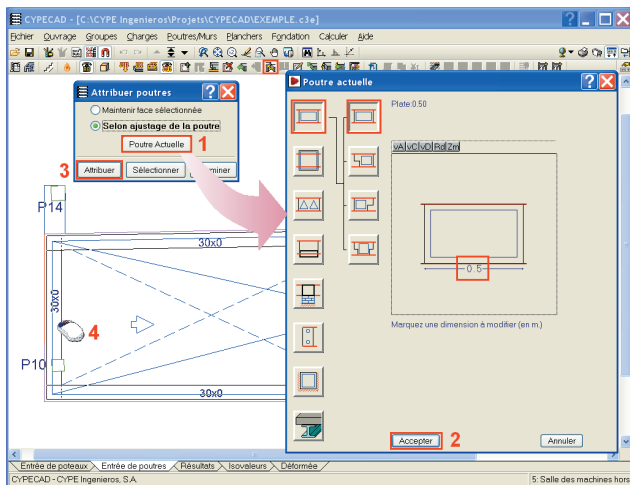


Fig. 1.45

Modifiez de même le tronçon de poutre qui reste de l'autre côté du poteau. Une fois la poutre attribuée, prolongez son extrémité supérieure jusqu'au poteau « P14 » en utilisant l'option « Prolonger » du menu « Poutres/Murs » et en laissant par défaut « Poutre prolongée ».

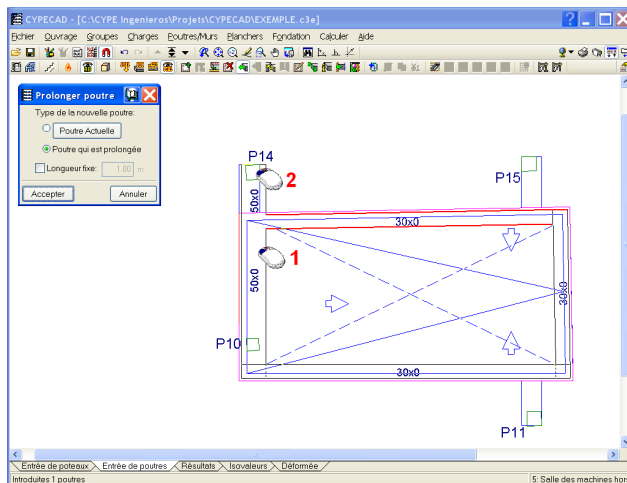


Fig. 1.46

Pour finir, introduisez la poutre plate de largeur 50cm allant du poteau « P11 » au poteau « P15 » à l'aide de l'option « Entrer poutre » du menu « Poutres/Murs ».

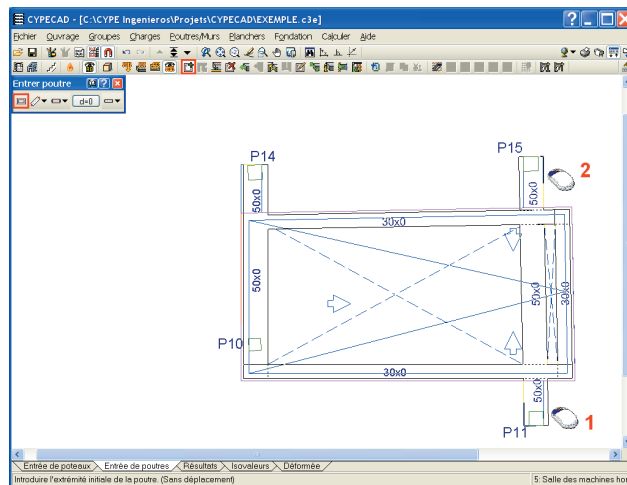


Fig. 1.47



### 1.5.2.2. Si l'introduction IFC a été utilisée

Étant donné que lors de l'importation du fichier IFC, vous avez indiqué que les poutres des trémies étaient des chaînages non structuraux ou de largeur 0, changez les dimensions et introduisez celles correspondantes à chaque cas. Commencez par la zone du monte-voitures et de l'escalier d'accès au sous-sol.

Une fois les poutres introduites, nous allons passer à l'introduction des planchers.



### 1.5.3. Planchers

En utilisant l'option « aller au groupe » , placez-vous au rez-de-chaussée. Commencez maintenant à introduire les planchers en utilisant pour cela l'option « Entrer plancher »  qui se trouve dans la fenêtre flottante de l'option « Gestion des planchers » du menu « Planchers ». Créez un plancher réticulé d'épaisseur 30+5, de 12 cm de largeur de nervure et 82 cm d'entraxes.

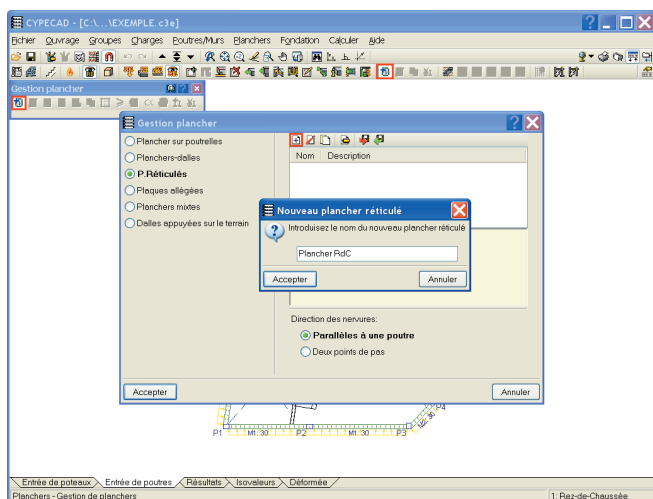


Fig. 1.48

Après avoir accepté le dialogue, définissez les caractéristiques du plancher. Le programme détermine le poids correspondant au volume de béton du plancher, mais comme le type de matériau des entrevous n'est pas défini, ce poids devra être corrigé en fonction du type des pièces qui le forment. Dans cet exemple, on considère des entrevous en béton et vous devrez donc augmenter le poids proposé par le programme en considérant que le bloc allégé de béton pèse  $9,8 \text{ kN/m}^3 \rightarrow (0,7 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) / (0,82 \times 0,82) \times 9,8 \text{ kN/m}^3 = 2,14 \text{ kN/m}^2$ , le plancher ayant donc un poids total  $2,14 + 0,131 \times 25 = 5,42 \text{ kN/m}^2$ .

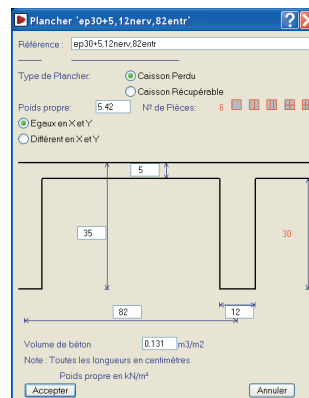


Fig. 1.49

Laissez comme direction des nervures « Parallèles à une poutre » et acceptez la fenêtre. Lorsque vous placerez le curseur sur un vide, celui-ci se colorera en jaune et, en cliquant dessus avec le bouton principal de la souris puis sur la poutre dont vous souhaitez que les nervures soient parallèles, introduisez le plancher.

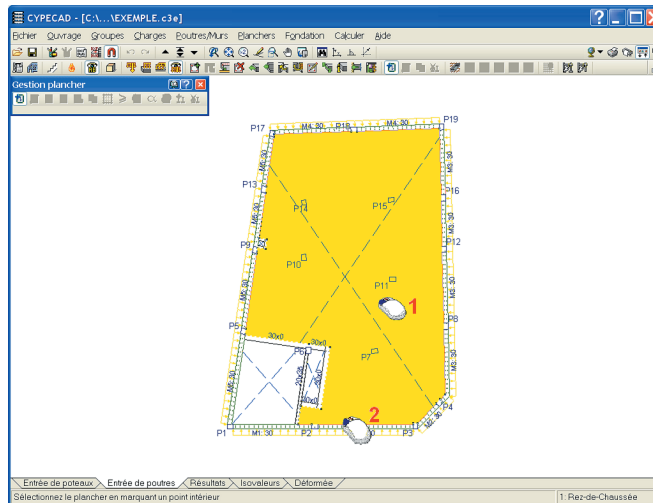


Fig. 1.50

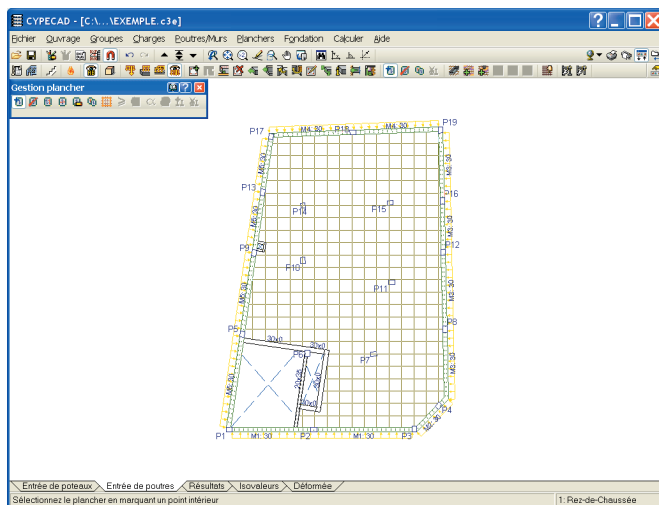


Fig. 1.51

Une fois le plancher réticulé introduit, générez les panneaux en utilisant l'option « Panneaux – Générer panneaux » du menu « Planchers ». Lorsque cette option est sélectionnée, sont générés des panneaux de dimensions égales à 16% de la distance entre les poteaux qui se trouvent dans l'angle de vision (40°), avec un maximum de 5 fois et un minimum de 2,5 fois l'épaisseur de celui-ci. Ces minimums et maximums sont configurables à partir de l'option « Panneaux – Configuration de la génération des panneaux » du menu « Planchers ».

Montez au groupe de niveaux suivant et, de la même façon que précédemment, définissez et introduisez un plancher d'épaisseur 25+5. Le poids total du plancher sera donc  $0,7\text{ m} \times 0,7\text{ m} \times 0,25\text{ m} / (0,82 \times 0,82) \cdot 9,8\text{ kN/m}^3 + 0,117 \times 25 = 4,71\text{ kN/m}^2$ .

Lors de la définition des planchers, il est important de maintenir une coïncidence des nervures en niveau. De cette façon, lorsque vous placerez une descente dans le

plancher, vous saurez qu'elle ne coupe pas les nervures des autres niveaux. Utilisez l'option « Gestion planchers – Copier plancher » du menu « Planchers », cliquez avec le bouton secondaire de la souris pour ouvrir une fenêtre dans laquelle vous sélectionnerez le groupe duquel vous souhaitez copier le plancher. Dans cet exemple, sélectionnez « Rez-de-chaussée » et cliquez sur le plancher avec le bouton principal de la souris. Pour les options de copie, sélectionnez le « Point de passage » et la « Direction ». Le programme vous ramènera au groupe de niveaux où vous vous trouviez et vous pourrez sélectionner le plancher sur lequel vous souhaitez copier. Répétez ces étapes dans les groupes de niveaux restants mais en copiant cette fois le type d'entrevous du groupe de niveaux 2 et en générant les panneaux après avoir réalisé chaque copie.

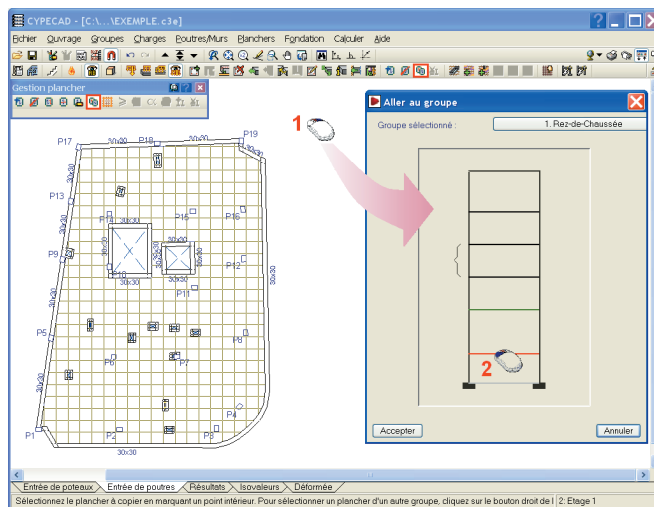


Fig. 1.52

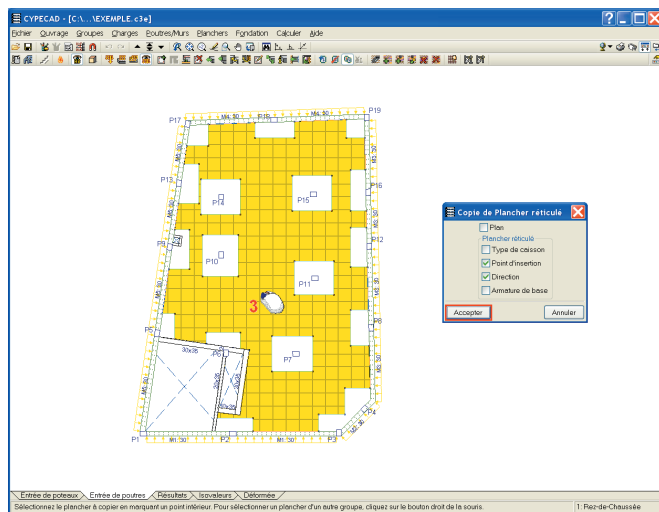


Fig. 1.53

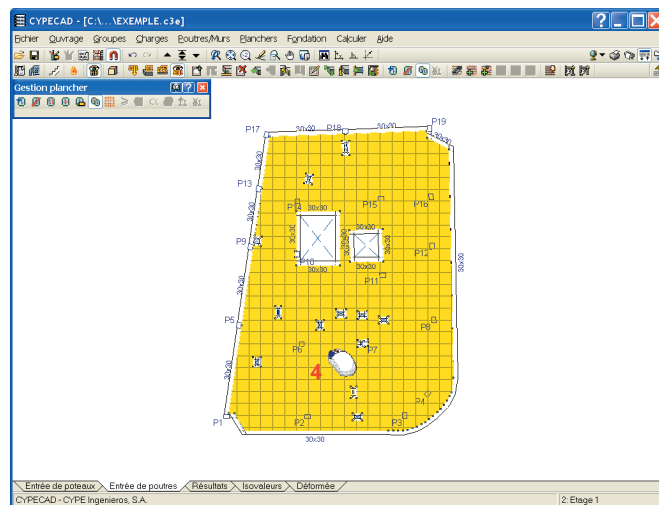


Fig. 1.54

Définissez, dans le plancher, une armature de base supérieure de  $\varnothing 12$  dans les deux directions. Pour cela, utilisez

l'option « Assigner armature base » du menu « Planchers ». Dans la liste des armatures de base disponibles, sélectionnez le  $\varnothing 12$  et cliquez sur les deux boutons pour l'ajouter à l'armature supérieure. Pour finir, cliquez sur le bouton « Attribuer à tous ». Répétez ce processus dans le reste des niveaux ou bien copiez seulement l'armature de base en utilisant l'option « Copier plancher ».

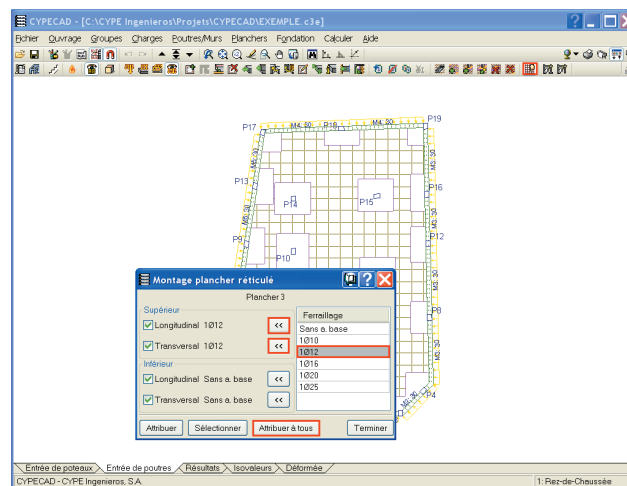


Fig. 1.55

Une fois les poutres et les planchers de tous les niveaux introduits, poursuivez en retouchant les poutres, comme expliqué dans le paragraphe suivant de cet exemple.

### 1.5.4. Étapes complémentaires à l'introduction des poutres

Une fois les poutres et les planchers introduits et tous les panneaux générés, vous devez réaliser les retouches nécessaires dans les poutres de façon à ce qu'elles aient un comportement structural plus adéquat. Pour cet exemple, suivez les étapes suivantes :

- Toute poutre en console sera prolongée vers l'intérieur d'une longueur supérieure ou égale au porte-à-faux.

- Les poutres principales des trémies seront menées à la bande d'éléments porteurs la plus proche.
- Les poutres secondaires des trémies seront prolongées après l'intersection.
- Les poutres arrivant à un poteau seront prolongées jusqu'au bord du panneau.

Commencez à compléter l'introduction des poutres dans le groupe « 1: Rez-de-chaussée ».

Dans les zones du monte-voitures et de l'escalier d'accès au sous-sol, la poutre divisionnaire du monte-voiture et de l'escalier arrive au poteau. Il faut donc la prolonger jusqu'au bord du panneau. Dans l'escalier, la poutre parallèle à la précédente sera considérée comme principale, c'est-à-dire que son extrémité inférieure doit être prolongée jusqu'au mur et son extrémité supérieure jusqu'à la hauteur du panneau. Utilisez l'option « Prolonger poutre » du menu « Poutres/Murs », dans laquelle vous activerez l'option « poutre qui est prolongée » et décochez « longueur fixe ». N'hésitez pas à déplacer les coins des panneaux avec l'option « déplacer angle » si ceux-ci vous gênent pour prolonger les poutres.

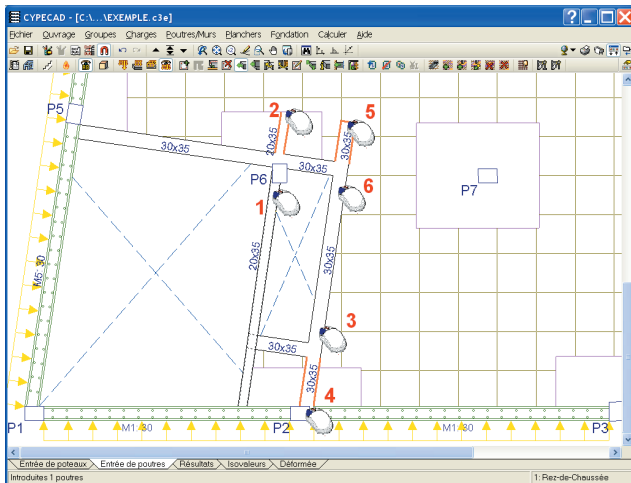


Fig. 1.56

Complétez l'introduction de ce niveau en prolongeant les poutres de l'escalier de 65 cm depuis l'axe. Dans ce cas, activez dans la fenêtre l'option « longueur fixe ». Lorsque vous approchez le curseur de l'extrémité d'une des poutres, le programme montre automatiquement le tronçon de poutre qui va être prolongé. Pour l'introduire, cliquez avec le bouton principal de la souris.

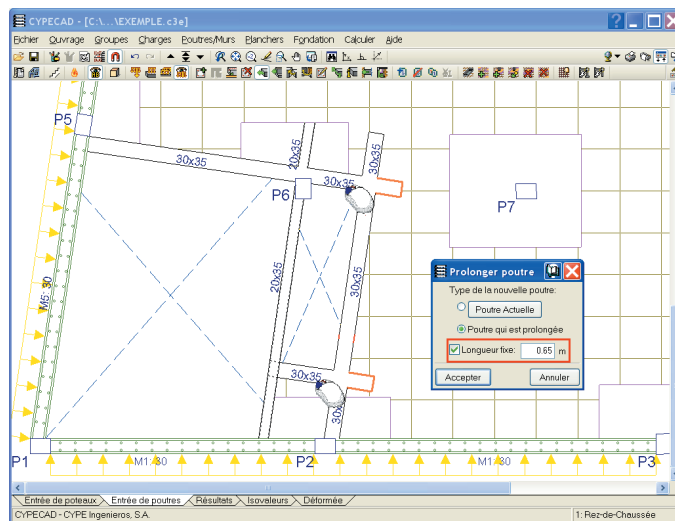


Fig. 1.57

Nous allons maintenant compléter le deuxième groupe de niveaux « Niveau 1 » en commençant par la poutre qui se connecte au poteau P10. Prolongez l'extrémité supérieure jusqu'au bord du panneau en passant par le poteau P14 et faites de même avec l'extrémité inférieure.

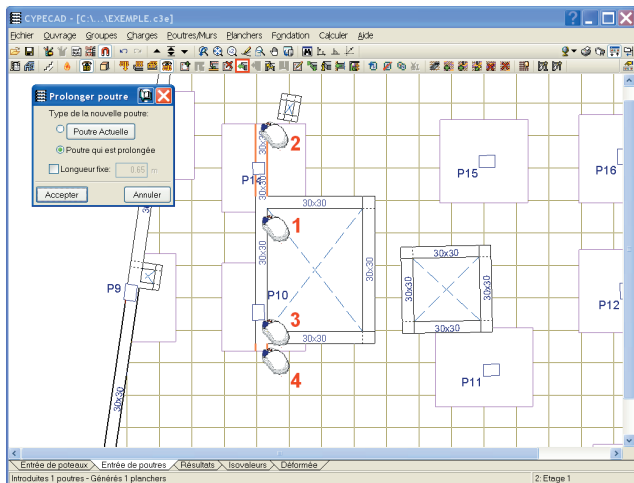


Fig. 1.58

Prolongez maintenant la poutre parallèle à la précédente, menez l'extrémité supérieure jusqu'à la nervure suivante se trouvant derrière la ligne imaginaire unissant les poteaux P14 et P15. Faites de même avec l'extrémité inférieure.

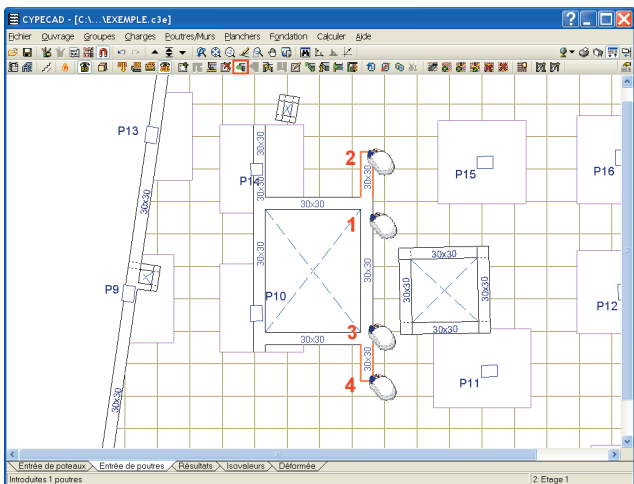


Fig. 1.59

Poursuivez en prolongeant la poutre du côté droit de la trémie de l'ascenseur. Menez-la jusqu'au bord des panneaux des poteaux P11 et P15.

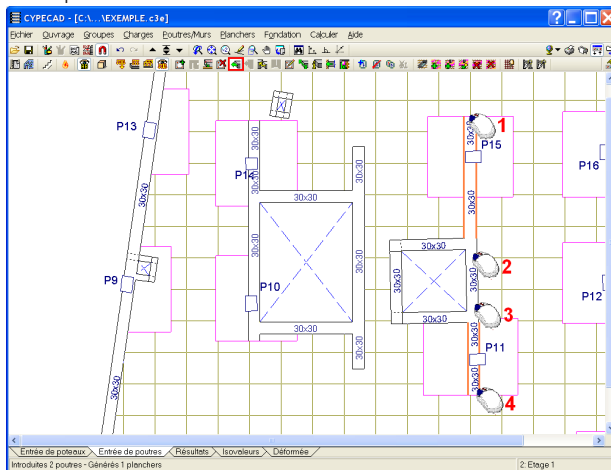


Fig. 1.60

Avec l'option « Déplacer coins » du sous-menu « Panneau » qui se trouve dans le menu « Plancher », déplacez le coin supérieur droit du panneau du poteau P11 au dessus de l'intersection des poutres.

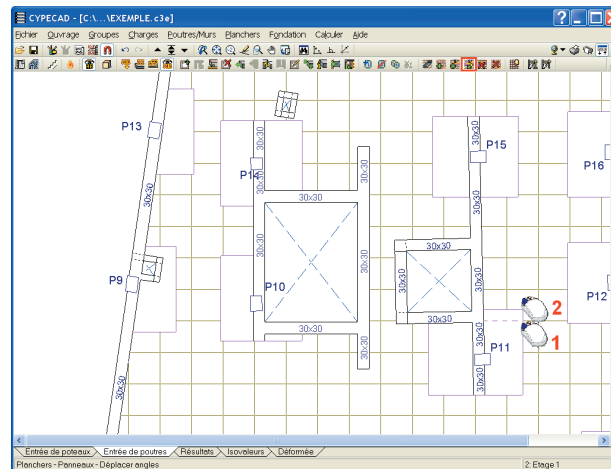


Fig. 1.61

L'étape suivante consiste à changer la poutre inférieure du vide de l'ascenseur par un chaînage non structural de 15cm de largeur. Pour cela, utilisez l'option « Attribuer poutre » du menu « Poutre/Mur ». Dans la fenêtre « Poutre actuelle », sélectionnez le chaînage non structural et « selon ajustage de la poutre ».

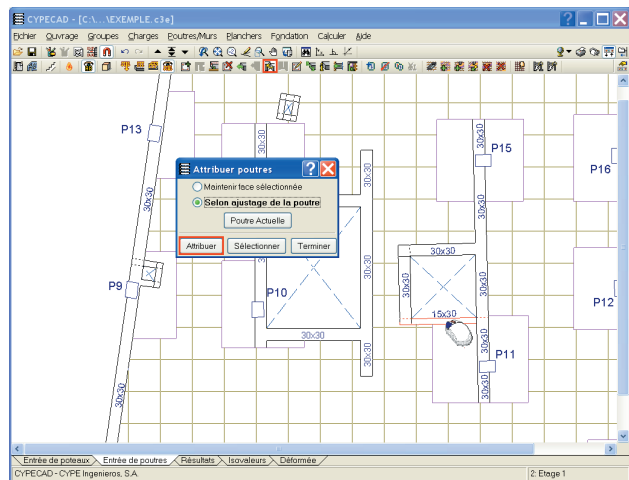


Fig. 1.62

Prolongez la poutre inférieure du vide de l'escalier vers la droite jusqu'à couper la poutre verticale droite du vide de l'ascenseur. Prolongez également vers la gauche la poutre horizontale supérieure du vide de l'ascenseur jusqu'à ce qu'elle coupe la poutre verticale droite du vide de l'escalier.

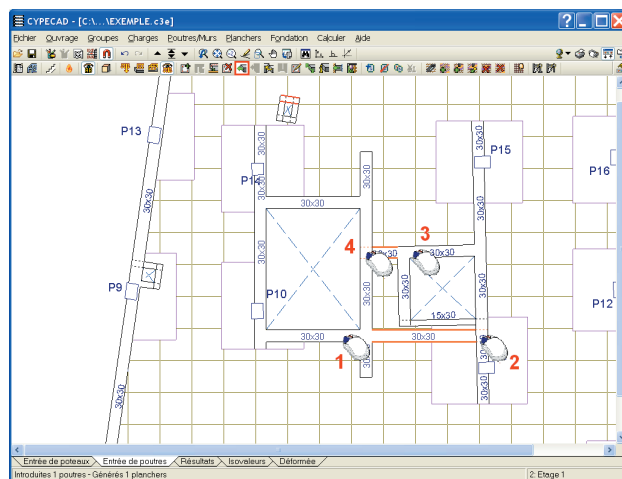


Fig. 1.63

Pour terminer, prolongez de 85 cm depuis l'intersection des poutres secondaires qui arrivent aux principales, en utilisant pour cela l'option « longueur fixe » de l'option « Prolonger poutre ».

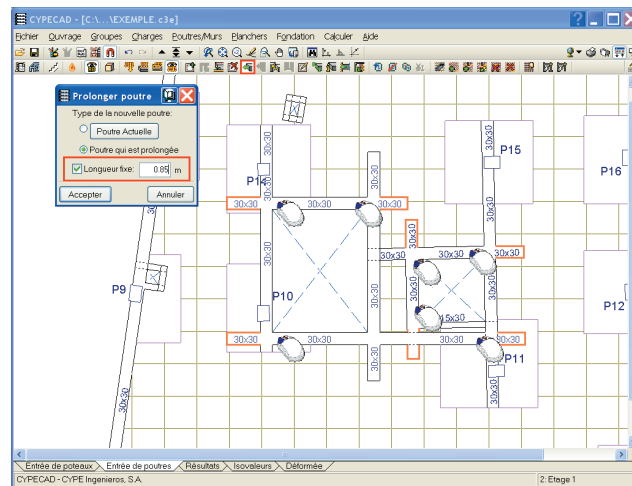


Fig. 1.64

Répétez ces étapes dans les groupes de niveaux restants de façon à ce que l'ouvrage soit prêt pour l'introduction des charges.

Pour finir, dans le groupe 5. Salle des machines, attribuez une épaisseur de 30 cm aux poutres plates qui ne se trouvent pas au contact d'un plancher. Pour cela, sélectionnez l'option « Attribuer poutre » et choisissez une poutre en re tombée de 50 cm de largeur et 30 cm de hauteur puis attribuez-la aux trois tronçons de poutres qui arrivent aux poteaux P11, P14 et P15.

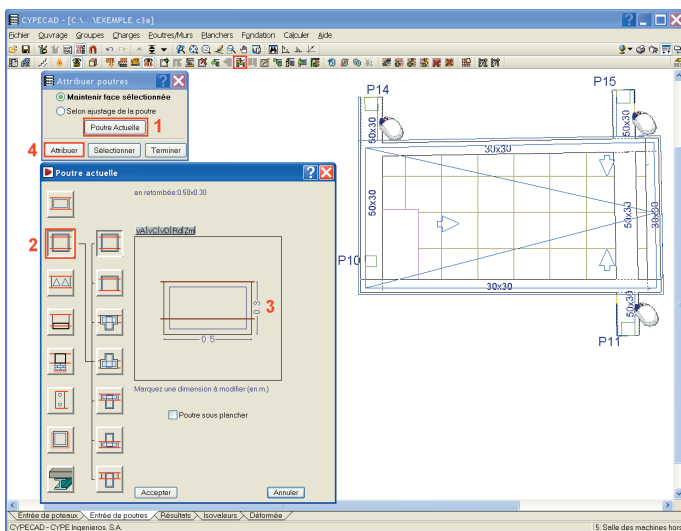


Fig. 1.65

## 1.5.5. Introduction des charges

### 1.5.5.1. Charges surfaciques

Nous allons introduire les charges surfaciques dues à la surélévation du rez-de-chaussée et à l'escalier d'accès à la salle des machines et au toit. En utilisant l'option « Aller au

groupe », placez-vous au rez-de-chaussée. Utilisez l'option « Charges » du menu « Charges », sélectionnez la charge surfacique, assignez-lui une valeur de  $6,72 \text{ kN/m}^2$  ( $0,42 \text{ m}$  de surélévation à  $16 \text{ kN/m}^3$ ), laissez l'hypothèse de charge permanente puis, en cliquant sur le bouton « Nouvelle », introduisez-la en cliquant avec le bouton principal de la souris sur tous les sommets du périmètre de la surélévation. Validez l'introduction en cliquant sur le bouton secondaire de la souris lorsque le dernier point du contour de la charge est marqué.

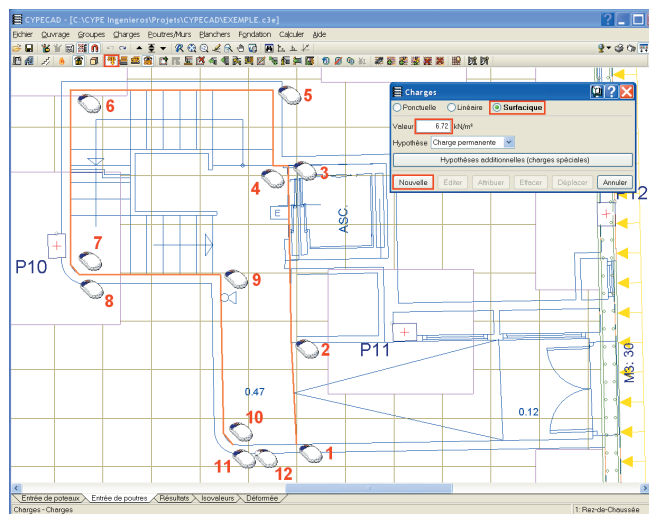


Fig. 1.66

Introduisez la charge surfacique de la zone de la rampe en suivant les mêmes étapes. Donnez une valeur de charge correspondant à la hauteur moyenne de celle-ci soit  $3,36 \text{ kN/m}^2$  ( $0,5 \times 0,42 \text{ m} \times 16 \text{ kN/m}^3$ ).

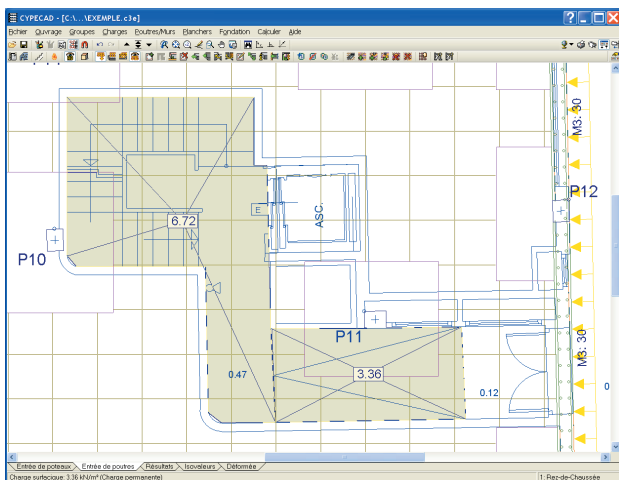


Fig. 1.67

Nous allons maintenant passer au groupe de niveaux de couverture et nous introduirons la charge due à l'escalier d'accès à la salle des machines. De la même façon que vous l'avez fait pour le rez-de-chaussée, introduisez une valeur de charge égale à 49 cm de surélévation (hauteur moyenne de l'escalier) ce qui équivaut donc à une valeur de charge de  $7,84 \text{ kN/m}^2$  ( $0,49 \text{ m} \times 16 \text{ kN/m}^3$ ).

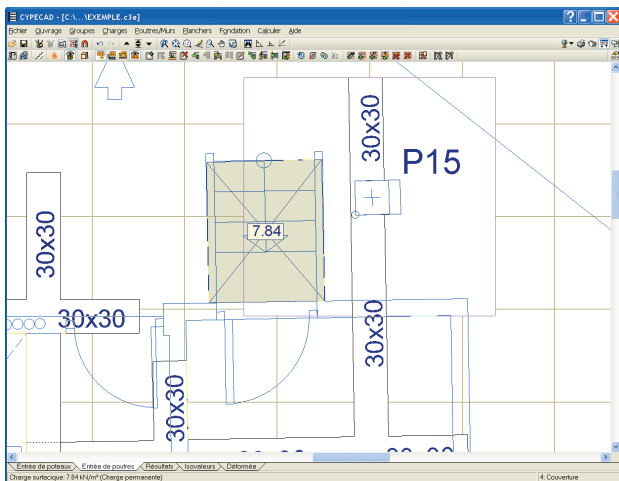


Fig. 1.68

### 1.5.5.2. Charges linéaires

Si l'ouvrage a été introduit via l'importation d'un fichier IFC, il ne sera pas nécessaire d'introduire les charges des murs extérieurs car les charges qu'ils engendrent ont été importées à partir du fichier. Si l'ouvrage a été introduit via un fichier DXF/DWG, vous devrez introduire comme charges linéaires celles des murs extérieurs qui, du fait de leur importance, se trouvent en dehors de la charge surfacique due aux cloisons et définie précédemment comme « charges mortes ».

Commencez par le rez-de-chaussée, où vous activerez l'option « Charge linéaire » de la fenêtre de l'option « Charges » puis donnez une valeur de  $11 \text{ kN/m}$  et comme hypothèse, laissez celle de « Charge permanente ». Cliquez ensuite sur « Nouvelle » puis, avec le bouton principal de la souris, sur les sommets de la polygonale qui définit le mur.

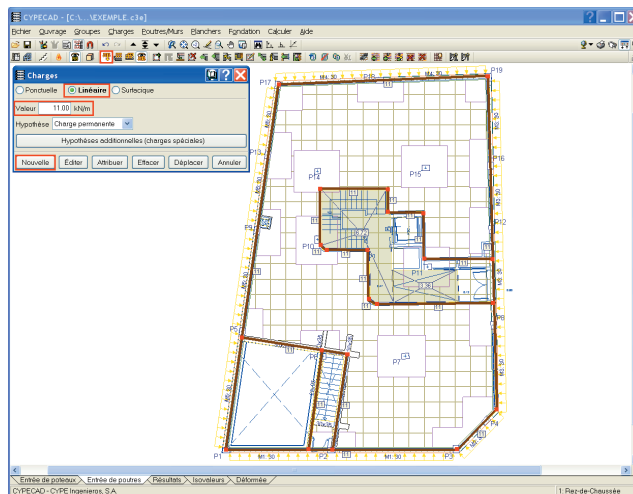


Fig. 1.69

Une fois l'introduction des charges linéaires dans le groupe rez-de-chaussée terminée, montez au groupe suivant et continuez à introduire de la même façon les charges des



murs de 8 kN/m et les charges des garde-fous des terrasses de 3 kN/m.

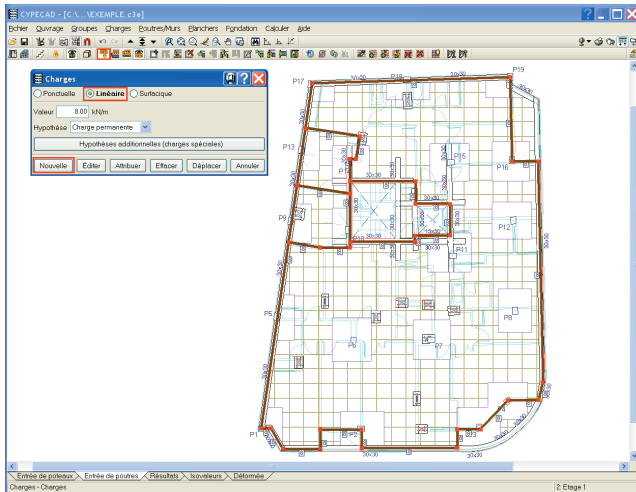


Fig. 1.70

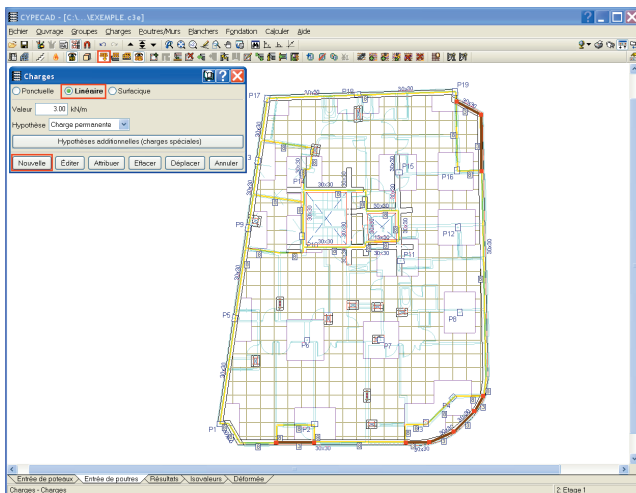


Fig. 1.71

Introduisez de la même façon ces mêmes charges dans le groupe de niveaux 3. Pour finir, passez à l'introduction des charges dans le groupe de niveaux 4 (couverture), introduisez la charge de 3 kN/m due au garde-fou au niveau du périmètre extérieur du niveau, la charge de 8 kN/m due aux murs de la salle des machines puis la charge transmise par la dalle de la salle des machines de l'ascenseur à la couverture. Cette dernière charge correspond au poids de la dalle elle-même 5 kN/m<sup>2</sup> et à une charge due aux machines de 10 kN/m<sup>2</sup>. Étant donné que la largeur de la dalle chargée sur chaque appui est de 0,9 m pour l'appui de gauche, de 1,28 m pour celui du milieu et de 0,38 m pour celui de droite, introduisez des charges respectives de 13,5 kN/m, de 19,2 kN/m et de 5,7 kN/m.

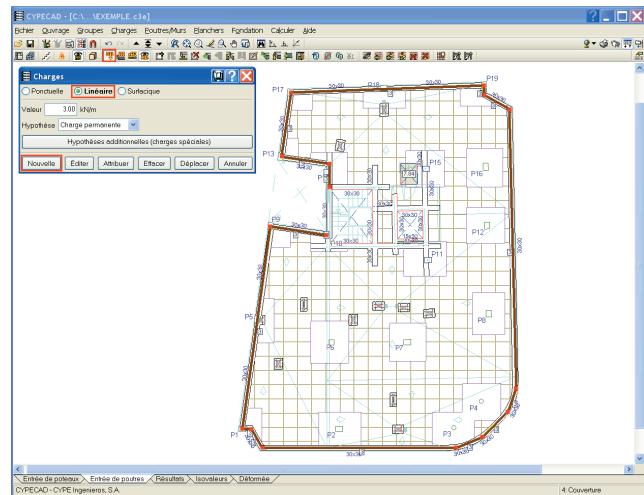


Fig. 1.72

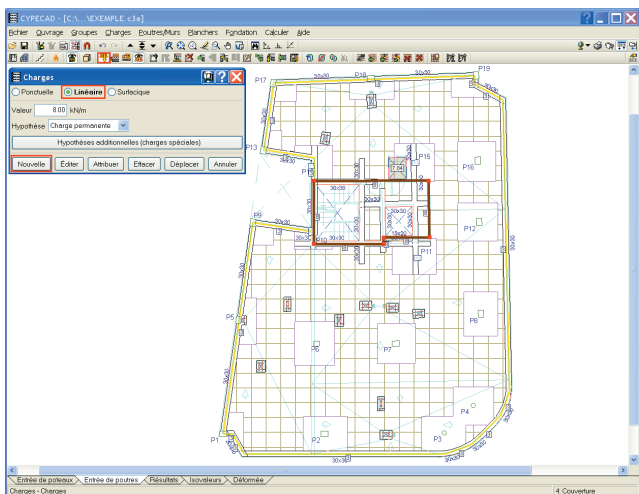


Fig. 1.73

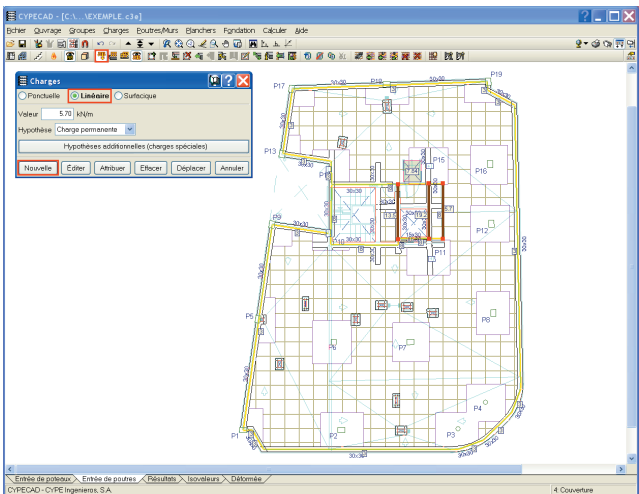


Fig. 1.74

### 1.5.5.3. Affichage des charges

Afin de faciliter la consultation et l'introduction des charges, le programme dispose d'une option permettant de sélectionner une configuration de charges visibles.

Elles peuvent être réalisées par type (ponctuelle, linéaire, surfacique) et il est possible de voir toutes les charges des différentes hypothèses ou bien d'en sélectionner une en particulier que vous souhaitez consulter.

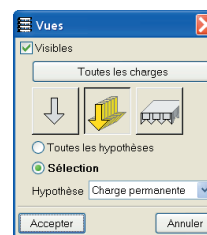


Fig. 1.75

### 1.5.6. Escaliers

Commencez par définir l'escalier d'accès au sous-sol, qui compte un unique tronçon droit de 1,1 m d'embranchement, franchissant un dénivelé de 2,50 m au moyen de 14 marches de 17,86 cm de contremarche. Vous devez vous placer dans le groupe de niveaux du Sous-sol et sélectionner l'option « Escaliers » du menu « Ouvrage ». Dans le menu flottant qui s'ouvre, sélectionnez l'option « Nouveau noyau d'escaliers ». La fenêtre permettant de définir le noyau d'escaliers apparaîtra. Donnez-lui un nom et passez à la définition des « Données du noyau d'escaliers ». Introduisez un embranchement de 1,1 m, une marche de 0,28 m et une contremarche de 0,1786 m. Dans notre exemple, la rotation est indifférente car l'escalier ne se compose que d'un seul tronçon. Les marches seront en brique et, pour finir, spécifiez les charges suivantes : comme il n'y a pas de rampe, inscrivez 0 dans la case correspondante ; pour le revêtement, laissez 1 kN/m<sup>2</sup> et comme charge d'exploitation, donnez 3 kN/m<sup>2</sup>.

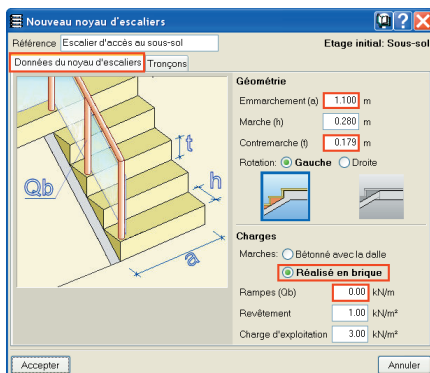




Fig. 1.76

Une fois les données de base du noyau d'escaliers définies, cliquez sur l'onglet « Tronçons » afin de définir la géométrie du tronçon. Cliquez sur le bouton  pour ajouter un nouveau tronçon, donnez-lui un nom, indiquez qu'il n'y a qu'un tronçon consécutif égal et, dans le paragraphe « Typologie », ajoutez-en une nouvelle en cliquant sur .

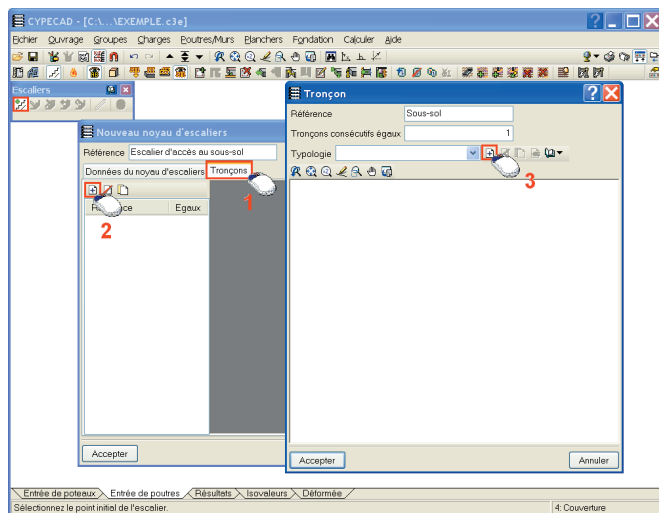


Fig. 1.77

Donnez-lui la référence « Sous-sol », activez l'option « Avec surélévation initiale » en sélectionnant la surélévation droite de 4 marches. Après avoir accepté le dialogue de surélévation initiale, sélectionnez, parmi les formes prédéfinies dans le programme « Une volée droite » en indiquant qu'elle possède 10 marches.

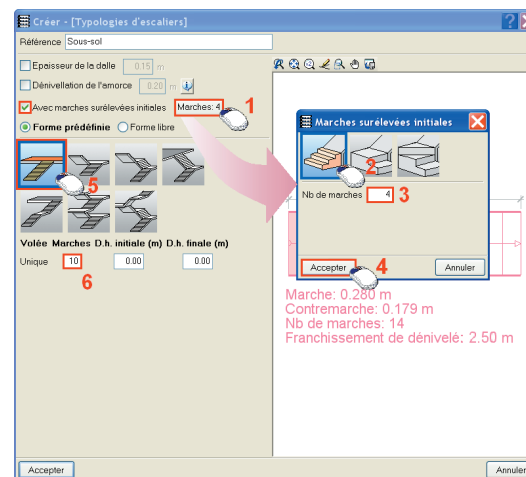



Fig. 1.78

Acceptez les données des fenêtres « Tronçon » et « Nouveau noyau d'escaliers ». L'escalier à introduire apparaîtra alors à côté du curseur. Pour l'introduire dans l'ouvrage, vous pouvez vous aider des captures DXF/DWG  pour capturer les entités du fond de plan de CAD. Dans cet exemple, activez l'intersection et le cercle et approchez le curseur de l'origine de l'escalier. Lorsque le cercle marquant cette origine est capturé, cliquez avec le bouton principal de la souris, en plaçant le curseur sur un point de passage de l'escalier et en cliquant de nouveau avec le bouton principal de la souris lorsqu'apparaît le symbole de la capture de l'intersection.

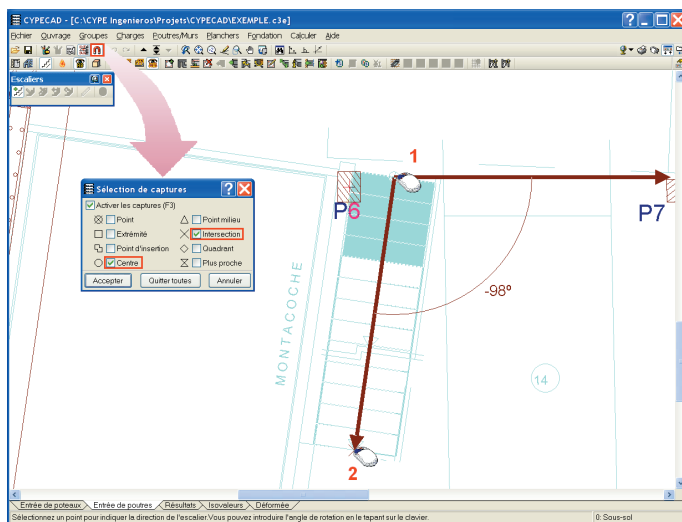


Fig. 1.79

Nous allons maintenant introduire le noyau d'escaliers d'accès aux niveaux des logements. Ce noyau se compose d'un tronçon au rez-de-chaussée qui franchit un dénivelé de 3,8 m et de 3 tronçons égaux qui correspondent aux niveaux des appartements et franchissent chacun 2,8 m. Pour commencer, vous devez vous situer dans le groupe de niveaux 1 (Rez-de-chaussée) et cliquer à nouveau sur l'option « Nouveau noyau d'escaliers ». Introduisez les données du noyau d'escalier en laissant un emmarchement de 1m, en donnant une marche de 0,28 m et une contremarche de 0,175 m. Sélectionnez une rotation de l'escalier vers la gauche et précisez que la dernière marche de chaque paillasse est formée par le palier ou la dalle du plancher. En ce qui concerne les charges, indiquez que les marches sont en brique et que les charges des rampes, des revêtements et la charge d'exploitation sont respectivement : 3 kN/m, 1 kN/m<sup>2</sup> et 3 kN/m<sup>2</sup>.

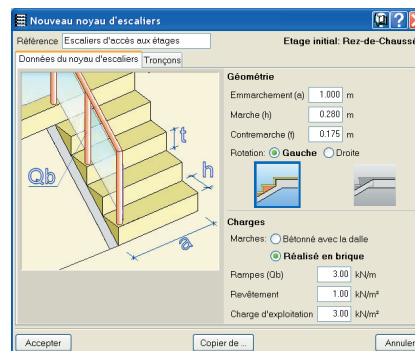




Fig. 1.80

Cliquez sur l'onglet « Tronçons ». Par défaut, apparaîtra l'escalier que vous avez introduit précédemment dans le sous-sol. Cliquez sur « effacer »  pour supprimer le tronçon

défini pour le sous-sol. Une fois cela fait, cliquez sur  et donnez une référence (par exemple « rez-de-chaussée »).

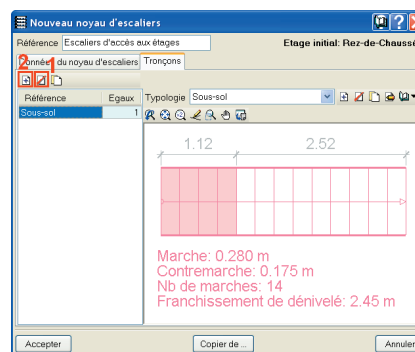


Fig. 1.81

Étant donné que la zone d'entrée dans laquelle commence l'escalier possède une surélévation de 47 cm, indiquez qu'il y a un « Dénivelé de l'amorce » et donnez la valeur de celui-ci. L'escalier possède une surélévation avec palier sans partage de deux marches, le sens de rotation étant le

même que celui du noyau. Après avoir accepté la fenêtre de surélévation initiale, sélectionnez, parmi les formes prédéfinies dans le programme, celle de Trois volées avec palier à quart tournant en indiquant le nombre de marches de chacune des trois volées. Introduisez 6 marches dans le premier tronçon, 5 dans le second et 6 dans le troisième. Pour finir, indiquez que les paliers sont appuyés latéralement et que le mur est en maçonnerie de 20 cm de large.

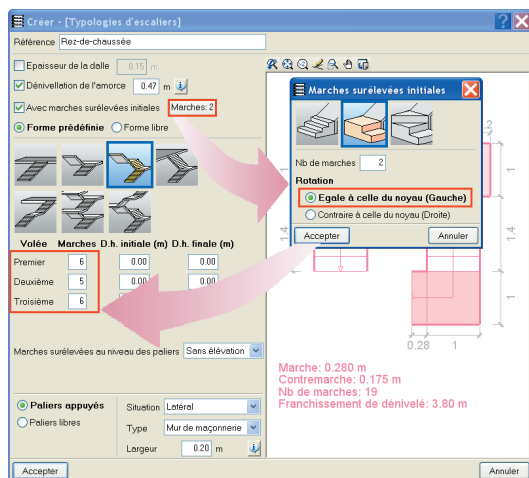


Fig. 1.82

Acceptez la fenêtre et cliquez de nouveau sur le bouton pour ajouter un nouveau tronçon au noyau. Après lui avoir donné une référence, indiquez qu'il y a trois tronçons consécutifs égaux et cliquez sur le bouton pour définir la forme du tronçon. Dans ce cas, sélectionnez un escalier de forme prédéfinie de trois volées avec paliers à quart tournant en indiquant le nombre de marches dans chacun des tronçons qui sont respectivement 5 pour le premier et le second et 6 pour le troisième. Au départ de la première volée, nous avons une dalle horizontale de 30 cm de longueur. Les appuis de l'escalier sont égaux à ceux du tronçon du rez-de-chaussée.

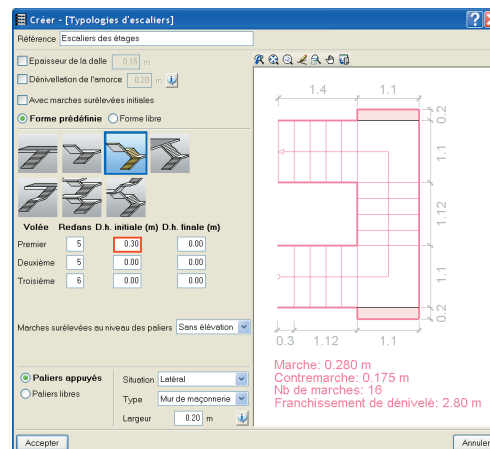


Fig. 1.83

Après avoir défini les tronçons qui composent les noyaux d'escaliers, passez à leur introduction en procédant de la même façon que pour l'introduction précédente de l'escalier d'accès au sous-sol. En vous aidant des captures de DXF/DWG, sélectionnez le point initial de l'escalier et un second point qui vous permettra d'indiquer l'angle.

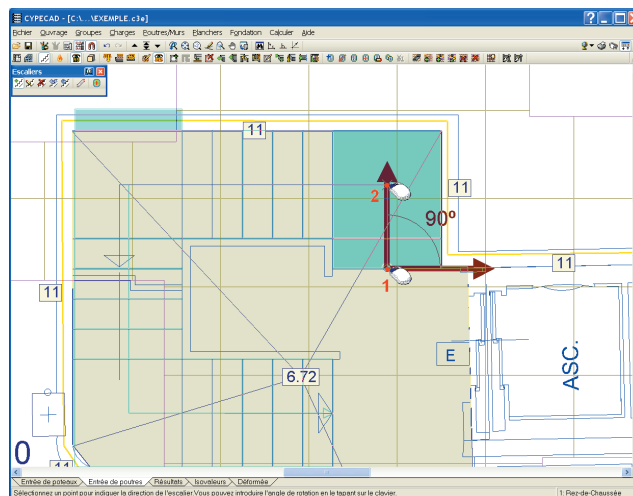


Fig. 1.84

Lors du calcul de l'ouvrage, le programme calculera les escaliers et appliquera la charge correspondante à chacun des appuis comme charge linéaire dans le niveau. Si vous le souhaitez, vous pouvez calculer et dimensionner l'armature de l'escalier sans nécessité de calculer tout l'ouvrage. Pour cela, vous devrez utiliser l'option « Voir ferrailage » du menu flottant « Escaliers ». Une fois cette option activée, cliquez sur l'escalier dont vous désirez consulter le ferrailage ; les efforts seront calculés et les armatures dimensionnées. Le programme affichera une fenêtre présentant le plan de ferrailage de l'escalier. Si le noyau d'escalier consulté possède plus d'un tronçon, vous pourrez sélectionner le tronçon à consulter dans la partie supérieure.

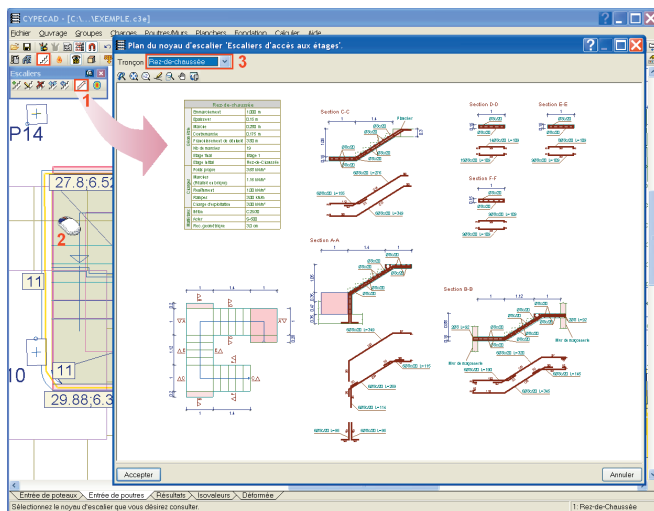


Fig. 1.85

Pour calculer les efforts et déplacements de la dalle d'escalier, vous devez cliquer sur l'option « Efforts et déplacements ». Cette option, de même que la précédente, dans le cas où l'escalier n'est pas calculé, le calculera et affichera un graphique des isovaleurs.

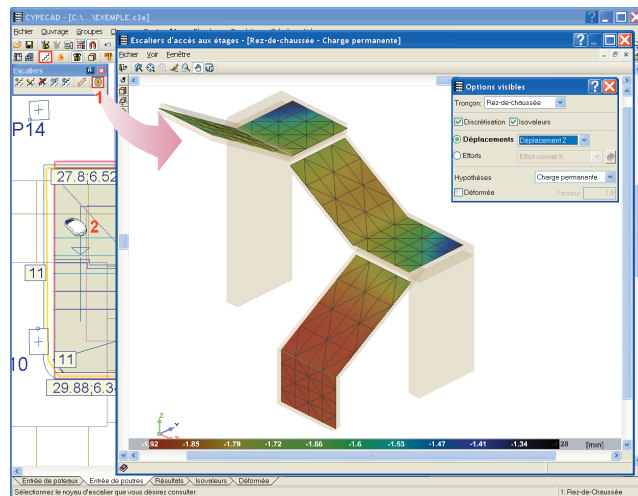


Fig. 1.86

Après avoir calculé le noyau d'escaliers, vous verrez les charges générées dans les différents groupes par lesquels il passe. Aux amorces des murs d'appui, vous verrez que seront générées des charges linéaires et une charge superficielle dans les surélévations.

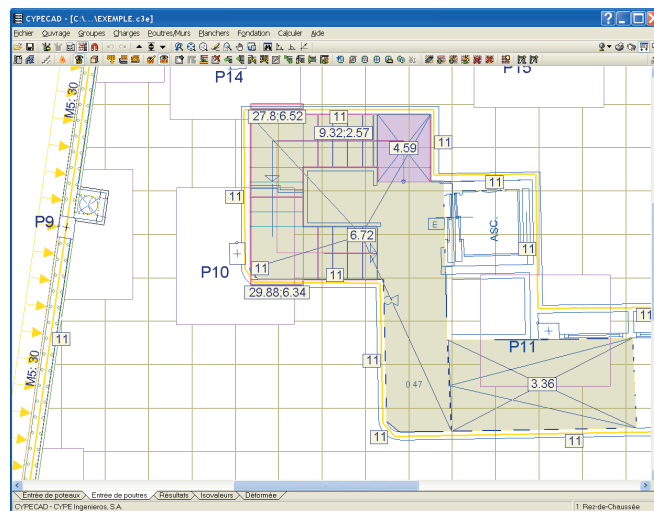


Fig. 1.87

## 1.6. Calculer


Une fois les deux escaliers du projet définis et introduits, vous pourrez calculer l'ouvrage. Utilisez pour cela l'option « Calculer l'ouvrage (sans dimensionner la fondation) » . Avant de commencer le calcul, le programme analysera la géométrie et vous informera des incidents qu'il rencontre. Dans cet exemple, des messages indiquant qu'il y a des introductions incorrectes de poutres aux niveaux 1,2 et 3 apparaissent.



Fig. 1.88

Fermer la fenêtre des incidents et placez-vous au premier niveau. Cliquez sur « Information » du menu « Poutres/Murs » et tapez directement sur votre clavier le numéro de la poutre ayant une erreur. Ici « 36 ». L'identificateur de poutre apparaîtra à l'écran et, lorsque vous appuyez sur « entrer », un petit cadre apparaît à l'écran et vous informe de l'emplacement de la poutre recherchée (Fig. 1.89).

En vous approchant de l'erreur, vous verrez que lors de la génération automatique, il s'est produit, du fait du fichier dxf/dwg, une erreur dans la géométrie. La solution est simple : il suffit de supprimer la poutre générée inopportunistement (Fig. 1.90).

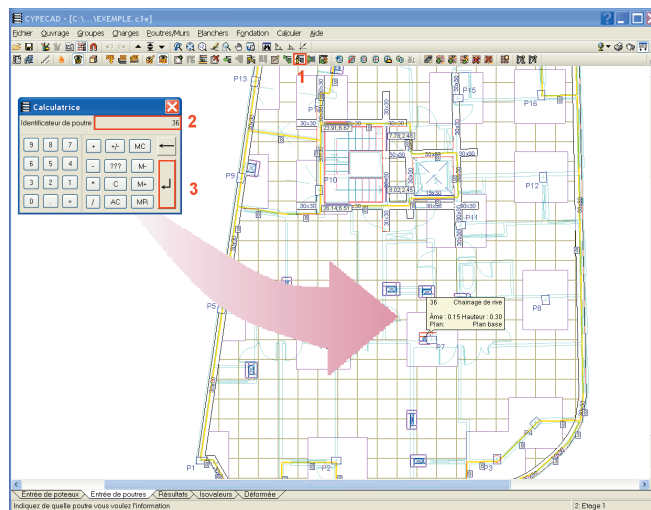


Fig. 1.89

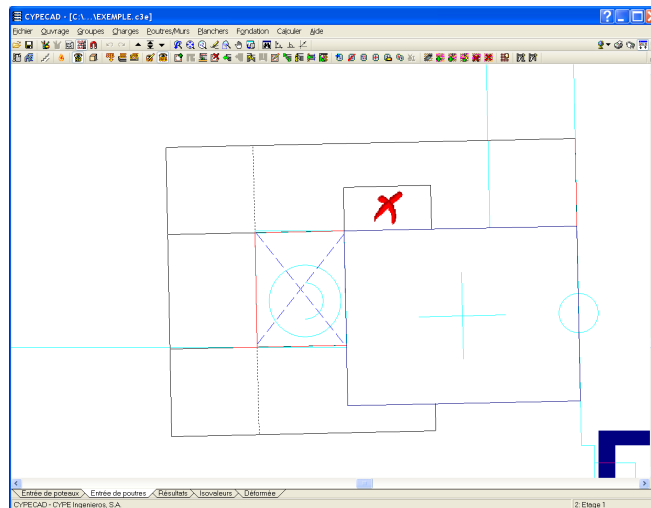


Fig. 1.90

Faites de même dans le groupe supérieur en recherchant la poutre 76 puis recalculer l'ouvrage (sans dimensionner la fondation).

Après le calcul, le programme montre dans une fenêtre les incidents durant le calcul et indique les éléments à revoir.

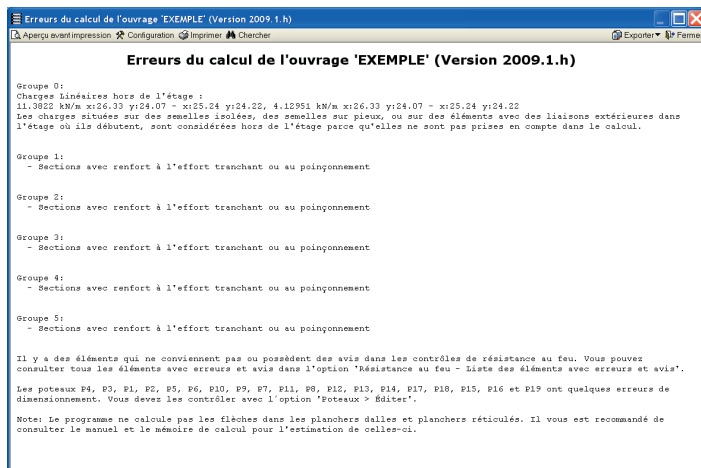


Fig. 1.91

### 1.6.1. Modules de « Calcul distribué : 2 et 4 processeurs »

Le programme dispose de deux modules permettant le traitement en parallèle avec 2 et 4 processeurs. Si vous avez acquis l'un de ces modules, les temps de calcul sont significativement réduits, étant donné que le traitement est partagé entre 2 ou 4 processeurs. Si vous possédez un de ces modules, la fenêtre de calcul affiche les processeurs dont dispose votre ordinateur et ceux que peut utiliser le module acquis.

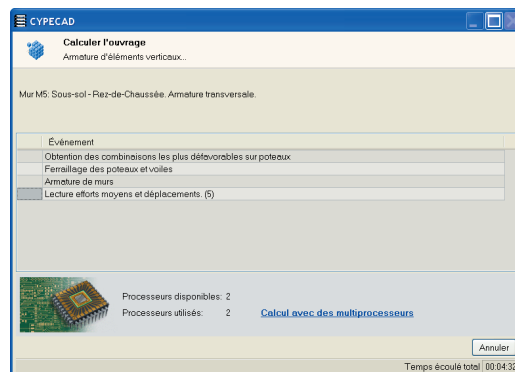



Fig. 1.92

## 1.7. Fondation

Vous allez maintenant réaliser l'introduction des semelles et des longrines qui forment la fondation de l'ouvrage. Pour cela descendez au groupe de niveaux 0, dans lequel sont déjà introduites les semelles filantes des murs, étant donné qu'elles ont été introduites avec le mur. Suivez les instructions suivantes pour compléter l'introduction avec les semelles des poteaux intérieurs et les longrines de liaison et de redressement.

### 1.7.1. Introduction des semelles

Utilisez l'option « Éléments de fondation » du menu « Fondation ». Lorsque cette option est activée, s'ouvrira un dialogue flottant dans lequel vous devrez utiliser l'option « Nouvel élément de fondation » . Cela ouvrira la fenêtre de « Définition du nouvel élément » dans laquelle vous pourrez sélectionner le type d'élément, dans notre cas des semelles en béton armé (première image en partant de la gauche). Dans l'option « Sélection de type », laissez par défaut la semelle rectangulaire excentrée (troisième en partant de la gauche) et maintenez l'option « Éléments d'un seul poteau » sélectionnée.



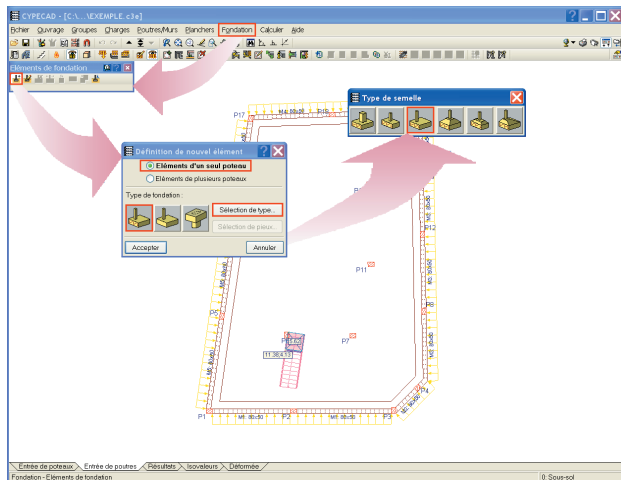


Fig. 1.93

Une fois les données validées, le curseur se transforme en une semelle qui, suivant sa situation autour d'un poteau, sera mitoyenne ou en coin selon si le curseur est placé sur une face ou sur un coin du poteau ou centrée s'il est dessus.

Situez le curseur sur les poteaux P7, P10, P11, P14 et P15 pour introduire des semelles centrées et à droite du poteau P6 pour introduire une semelle mitoyenne au vide du monte-voitures.

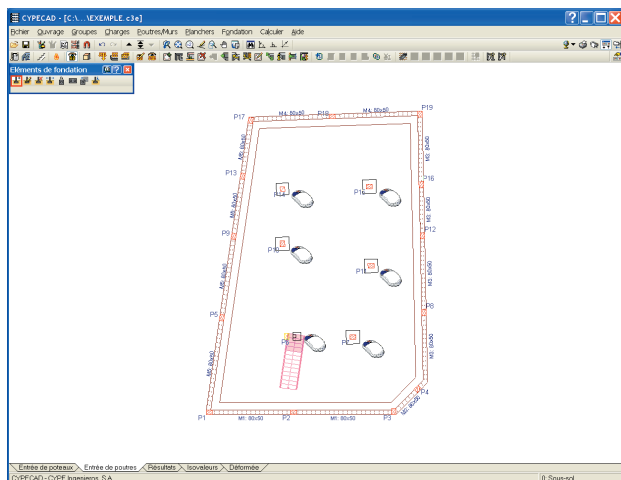




Fig. 1.94

Avec l'option « Tourner » , modifiez l'angle de la semelle pour l'adapter à la limite du vide du monte-voitures. Lorsque vous activez l'option « Tourner », vous avez trois options pour modifier l'angle et l'introduire « Manuellement », « Avec deux points » ou avec « l'angle du poteau ». Utilisez l'option « Avec deux points »  en vous appuyant sur le contour du vide du plan DXF/DWG ; marquez les deux points qui définissent l'angle et cliquez ensuite sur la semelle à laquelle vous voulez l'assigner.

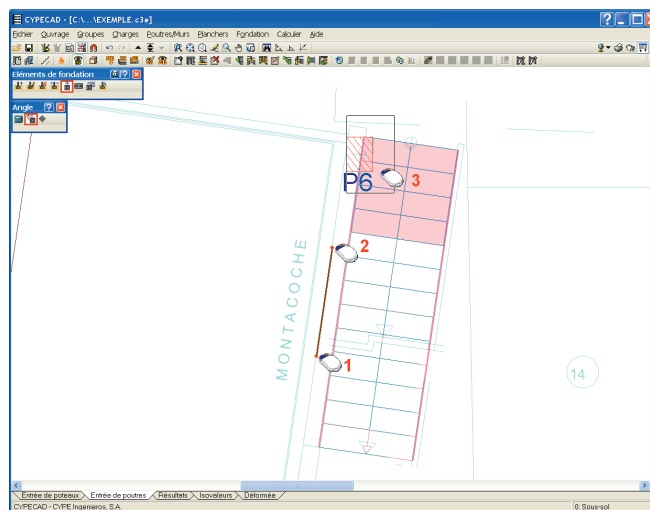


Fig. 1.95

## 1.7.2. Introduction des longrines de liaison et de redressement

Passez maintenant à l'introduction des longrines de liaison et de redressement entre les semelles. Introduire les longrines en utilisant l'option « Longrine de liaison et de redressement » du menu « Fondation » et en maintenant sélectionnée la poutre avec redressement automatique aux extrémités. Ainsi le programme détecte si la semelle est mitoyenne ou en coin et introduit une longrine de redressement, sinon il introduit une longrine de liaison.

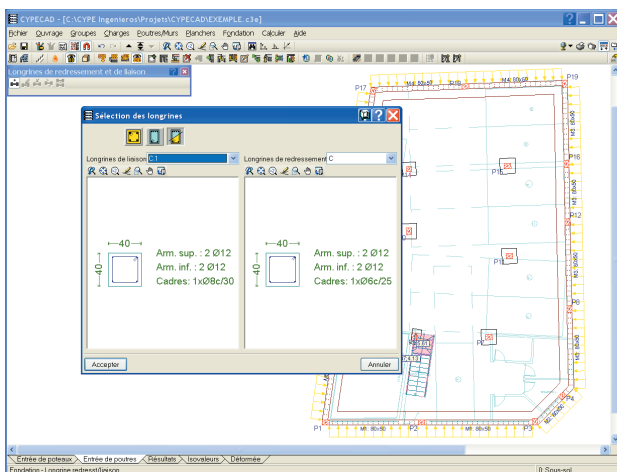


Fig. 1.96

En cliquant sur le premier point dans les semelles intérieures, introduisez les semelles de redressement qui redressent la semelle du mur, puis introduisez les longrines entre les semelles intérieures de telle façon qu'elles soient toutes étayées dans deux directions orthogonales étant donné que l'ouvrage se trouve en zone sismique.

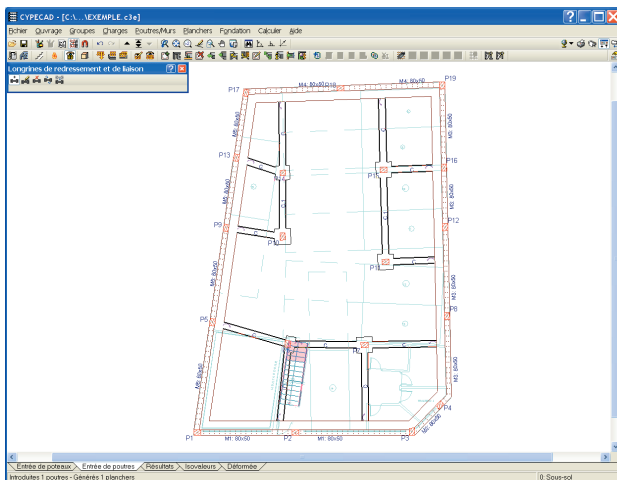


Fig. 1.97

Une fois les longrines introduites, ajustez au bord du vide les poutres formant son périmètre. Pour cela, utilisez l'option « Ajuster » du menu « Poutres/Murs » de la même façon que vous avez ajusté les murs de cet exemple.

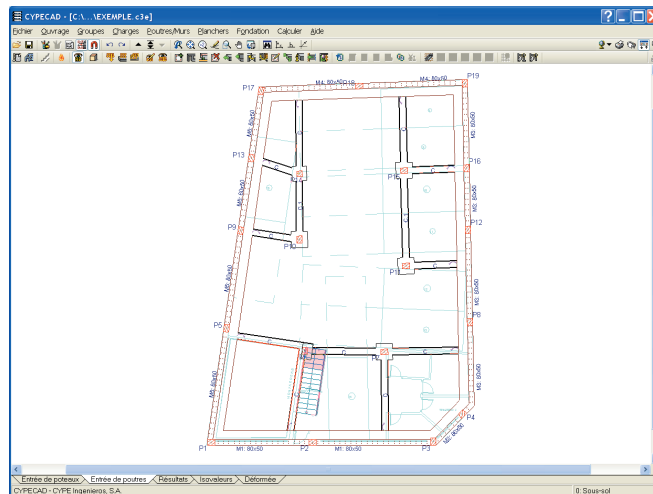


Fig. 1.98

Une fois la fondation introduite et l'ouvrage calculé, vous pourriez dimensionner cette dernière, mais il faut prendre en compte que ce processus doit toujours se faire après la consultation des résultats de l'ouvrage, car lorsque vous modifiez les armatures des poteaux ou des murs, l'épaisseur des semelles dimensionnées précédemment pourrait se révéler insuffisante pour garantir l'ancrage correct des armatures modifiées.

## 2. Consultation des résultats

Après le calcul de la structure, vérifiez les erreurs et réalisez les modifications nécessaires pour les corriger.

### 2.1. Séisme

Commencez par contrôler le pourcentage de masse déplacée pour le nombre de modes utilisé pour le séisme. Pour cela, cliquez sur l'icône des récapitulatifs, sélectionnez « Coefficients de participation » et vérifiez que la masse est déplacée de plus de 95% dans les deux directions.

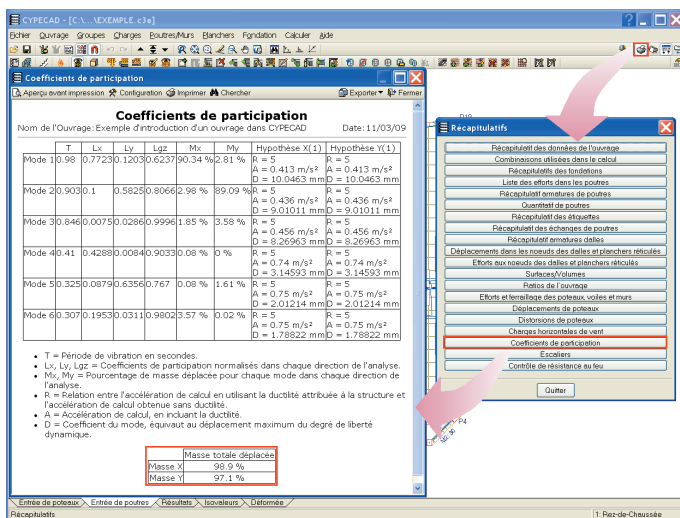


Fig. 2.1

### 2.2. Déformations et distorsions de la structure

Avant d'effectuer des vérifications dans un élément particulier de la structure, il est fondamental de vérifier que les déformations de la structure soient en accord avec la solution

structurale proposée. Pour cela, allez dans l'onglet « Déformée », dans lequel vous aurez une vue filaire de la structure calculée par le programme dessinée en couleurs, chacune des couleurs symbolisant une valeur de déplacement qui est indiquée sur l'échelle située dans la ligne inférieure de la fenêtre.

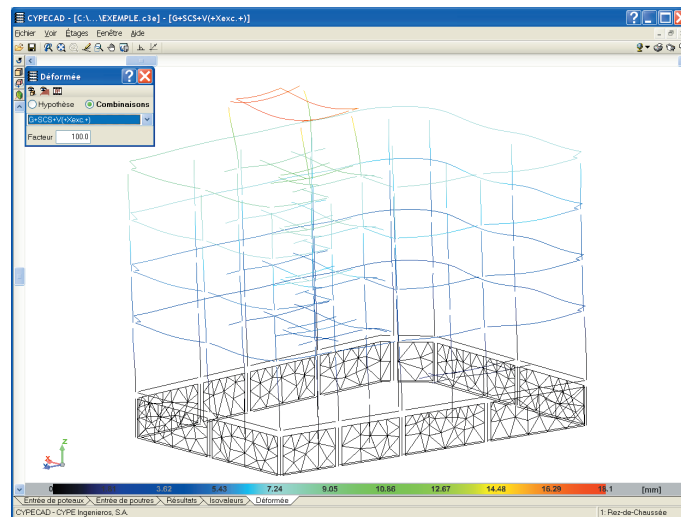


Fig. 2.2

Vérifiez que la distorsion totale ne dépasse pas  $L/500$  et que les locales sont inférieures à  $L/250$ . Pour faciliter cette opération, le programme dispose d'un récapitulatif dans lequel apparaissent les distorsions des poteaux de l'ouvrage. Lorsque vous cliquez sur le bouton des récapitulatifs de la ligne supérieure, tous les récapitulatifs des documents disponibles dans le programme apparaissent. Sélectionnez « Sélection des poteaux », affichant ainsi un récapitulatif dans lequel sont indiquées les distorsions locales et totales de chacun des poteaux.

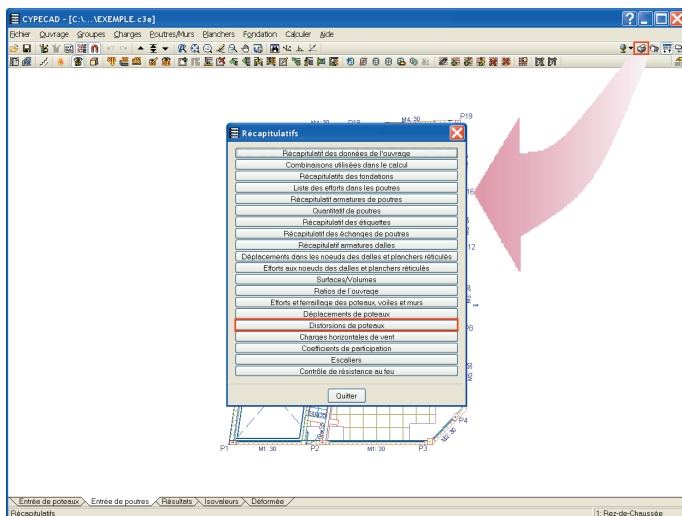


Fig. 2.3

**Distorsions de poteaux**

Nom de l'Ouvrage: EXEMPLE  
Exemple d'introduction d'un ouvrage dans CYPECAD  
Date: 11/03/09

- h: Hauteur du niveau par rapport à celui immédiatement inférieur
- Distorsion:
  - Absolute: Différence entre les déplacements d'un niveau et ceux du niveau immédiatement inférieur
  - Relative: Relation entre la hauteur et la distorsion absolue
- Origine:
  - G: Seulement gravitationnelles
  - GV: Gravitationnelles + vent
  - GS: Gravitationnelles + séisme
  - GVS: Gravitationnelles + vent + séisme
- Notes:
  - Les différentes normes ont pour habitude de limiter la valeur de la distorsion relative entre les étages et la valeur de la distorsion totale (saillie) du bâtiment.
  - La valeur absolue est utilisée pour définir les ensembles sismiques. La valeur relative a pour habitude d'être limitée en fonction de la hauteur de l'étage 'h'. La valeur 'Total' est vérifiée en prenant dans ce cas comme valeur de 'h' la hauteur totale.

Poteau	Etage	Cote		Distorsion X		Distorsion Y	
		(m)	(m)	Absolute (m)	Relative	Absolute (m)	Relative
P1	Couverture	12,05	2,80	0,0019 h / 1474	GV	0,0015 h / 1867	GV
	Etage 3	9,25	2,80	0,0021 h / 1334	GV	0,0016 h / 1750	GV
	Etage 2	6,45	2,80	0,0025 h / 1120	GV	0,0017 h / 1648	GV
	Etage 1	3,65	3,82	0,0032 h / 1196	GV	0,0020 h / 1913	GV
	Rez-de-Chaussée	-0,17	2,33	0,0000	GV	0,0000	GV
	Sous-sol	-2,50					
	Total	14,55	0,0098 h / 1485	GV	0,0069 h / 2109	GV	
P2	Couverture	12,05	2,80	0,0019 h / 1474	GV	0,0012 h / 2324	GV
	Etage 3	9,25	2,80	0,0021 h / 1334	GV	0,0019 h / 2154	GV
	Etage 2	6,45	2,80	0,0025 h / 1120	GV	0,0014 h / 2000	GV
	Etage 1	3,65	3,82	0,0032 h / 1196	GV	0,0017 h / 2250	GV
	Rez-de-Chaussée	-0,18	2,33	0,0000	GV	0,0000	GV
	Sous-sol	-2,50					
	Total	14,55	0,0098 h / 1485	GV	0,0057 h / 2553	GV	
P3	Couverture	12,05	2,80	0,0019 h / 1474	GV	0,0010 h / 2800	GV
	Etage 3	9,25	2,80	0,0021 h / 1334	GV	0,0011 h / 2546	GV
	Etage 2	6,45	2,80	0,0025 h / 1120	GV	0,0019 h / 2334	GV
	Etage 1	3,65	3,82	0,0032 h / 1196	GV	0,0015 h / 2550	GV
	Rez-de-Chaussée	-0,17	2,33	0,0000	GV	0,0000	GV

Fig. 2.4

Dans le cas où elles ne seraient pas vérifiées, il faudrait rajouter plus la structure et la recalculer.

Pour consulter les déformations dans un niveau déterminé, le programme dispose de l'onglet « Isovaleurs » dans lequel vous pouvez observer des graphiques d'isolignes ou d'isovaleurs montrant la déformation de chacune des hypothèses ou de combinaisons sélectionnées.

## 2.3. Erreurs

### 2.3.1. Poteaux

Vous pouvez ensuite analyser les erreurs des poteaux, ainsi que les armatures dimensionnées par le programme. Le programme représente en rouge les poteaux possédant des erreurs. Pour consulter les erreurs de ces poteaux, passez à l'onglet « Résultats » et utilisez l'option « Éditer » du menu « Poteaux » puis cliquez avec le bouton principal de la souris sur le poteau que vous souhaitez éditer.

S'ouvrira une fenêtre dans laquelle apparaîtra l'armature de chacun des niveaux du poteau.

Lorsque vous sélectionnez l'armature d'un groupe de niveaux, les combinaisons défavorables de ce niveau apparaissent dans la partie inférieure de la fenêtre. Au-dessus de la table de renfort du tronçon, il y a deux boutons radio qui permettent de consulter les efforts défavorables du tronçon ou de la base du tronçon supérieur. À droite de la table des renforts, il y a une autre table dans laquelle apparaissent les poteaux ayant la même armature et les mêmes dimensions. Si le poteau que vous éditez est le premier de cette table, toute modification qui sera effectuée sur l'armature ou sur les dimensions sera appliquée sur tous les poteaux de celle-ci ; si ce n'est pas le premier, les modifications réalisées s'appliqueront seulement à celui-ci.

Dans la partie supérieure de la fenêtre, là où la référence du poteau édité apparaît, se trouvent les boutons suivant et précédent qui permettent de parcourir tous les poteaux de l'ouvrage.

À droite des armatures dans le niveau ayant une erreur, un bouton donnant l'information de l'erreur apparaîtra. Dans notre cas, tous les poteaux possèdent l'erreur « Feu ». En cliquant sur le bouton, vous obtiendrez une information sur l'erreur. Comme vous pouvez le voir, les contraintes de résistance au feu ne sont pas vérifiées.

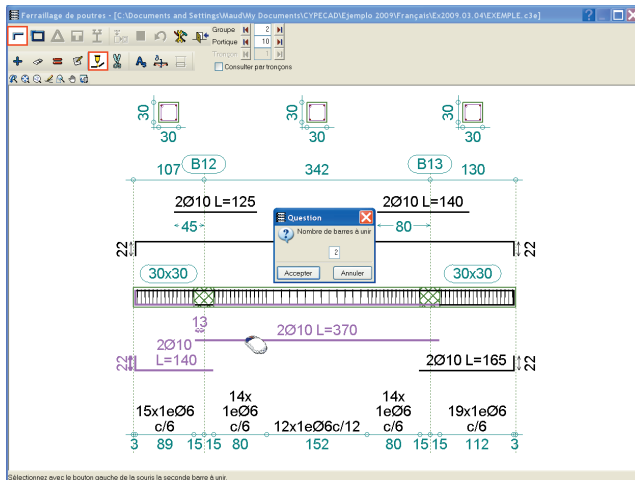


Fig. 2.5

Fermez la fenêtre d'édition des poteaux et ouvrez le dialogue de Résistance au feu. Placez-vous au niveau qui pose problème (Rez-de-chaussée) et cliquez sur l'onglet « Vérifier la résistance au feu du groupe actuel ». Les éléments avec des erreurs apparaissent en rouge. Si vous situez le curseur sur un élément un cadre informatif contenant des informations sur cet élément apparaît. Vous pouvez obtenir plus d'informations en cliquant sur l'élément désiré avec le bouton principal de la souris pour le sélectionner puis avec le bouton secondaire.

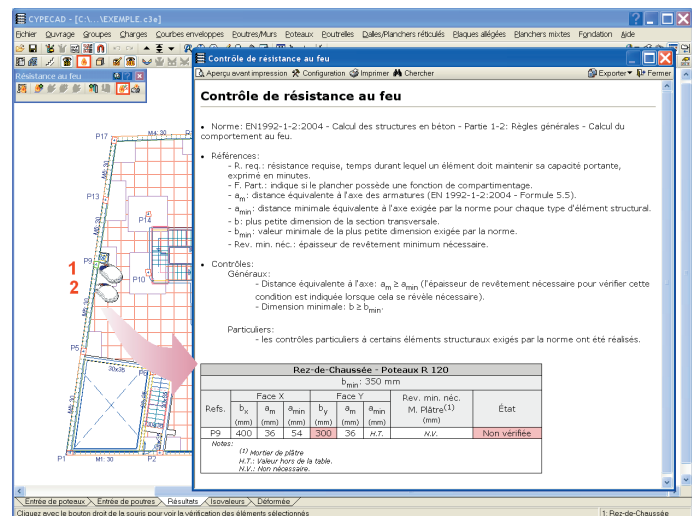


Fig. 2.6

On voit ici que les dimensions minimales des poteaux pour une résistance au feu de 120 min ne sont pas respectées. Pour résoudre ce problème, il suffit de retourner dans la fenêtre d'édition des poteaux et d'augmenter les dimensions des poteaux au rez-de-chaussée aux dimensions minimales de 35 cm.

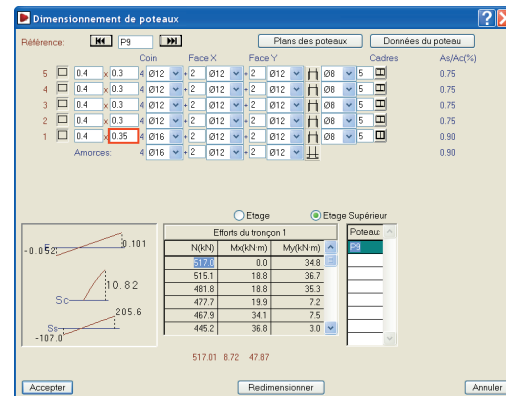


Fig. 2.7

Après avoir vérifié tous les poteaux, si vous n'avez pas modifié leurs dimensions pour corriger les erreurs, vous pourrez vérifier les erreurs des autres éléments. Si vous avez modifié les dimensions d'un poteau, vous devrez recalculer l'ouvrage afin de prendre en compte son augmentation de raideur. Dans le cas où les armatures auraient également été modifiées, le programme possède une option permettant de bloquer les armatures des poteaux que vous désirez conserver de manière à ce que, lors du nouveau calcul de la structure, celles-ci soient maintenues. Cette option s'intitule « Bloquer armature » et se trouve dans le menu « Poteaux » ; lorsque vous l'activez, une fenêtre dans laquelle apparaissent tous les poteaux de l'ouvrage s'ouvre. En cliquant sur chacun d'eux, ou bien en ouvrant une fenêtre de capture, vous sélectionnerez ceux dont vous désirez bloquer l'armature.

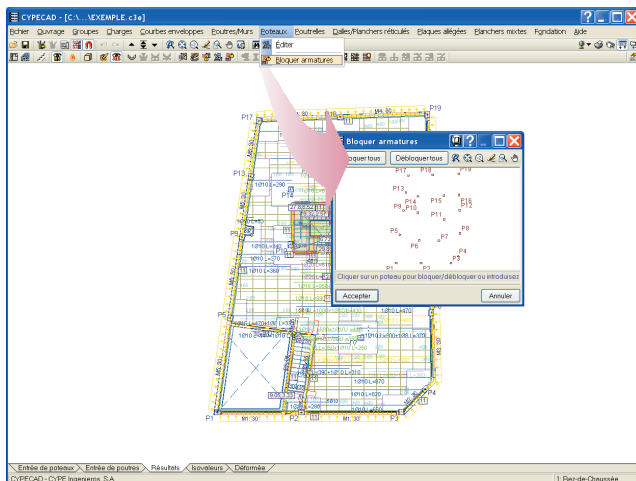


Fig. 2.8

### 2.3.2. Poutres

Une fois les poteaux revus, analysez les incidences et les erreurs qui se sont produites dans les poutres durant la phase de calcul. Utilisez l'option « Erreurs des poutres » du

menu « Poutres/Murs » et consultez les erreurs des poutres qui, après le calcul de la structure, se dessinent en rouge ou en jaune.

Dans la fenêtre des erreurs, vous verrez s'afficher les erreurs que possède la poutre consultée et, dans la partie inférieure, sous la liste des erreurs, ses dimensions actuelles et, dans un bouton présent sous celles-ci, une dimension est proposée pour la correction de l'erreur si c'est possible.

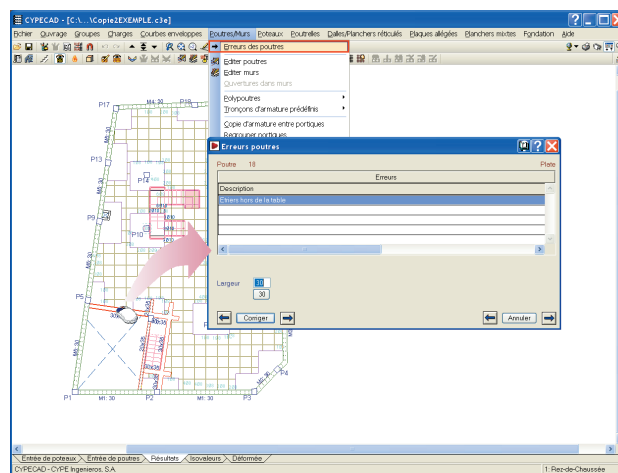



Fig. 2.9

Dans la fenêtre, vous disposez d'un bouton d'aide , dans lequel sont expliquées toutes les erreurs possibles que peut donner une poutre.

Les couleurs sont liées à l'option « Valorisation des Erreurs » qui se trouve dans le paragraphe des options des poutres de l'option « Données Générales ».

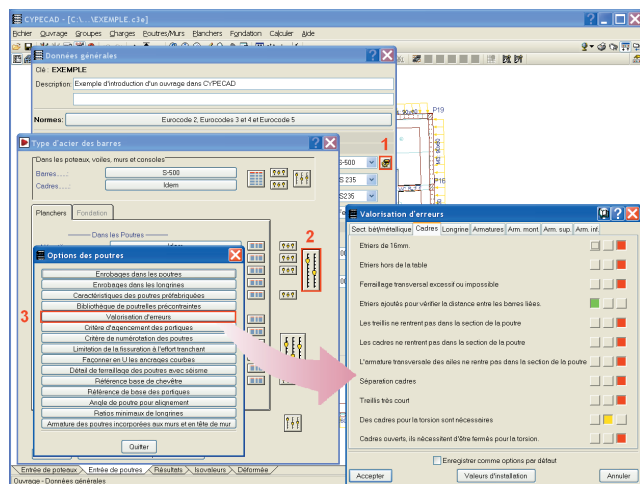


Fig. 2.10

Dans cette fenêtre, apparaissent toutes les erreurs qui peuvent apparaître dans une poutre, classées dans des dossiers par éléments (cadre, béton, etc.) avec une couleur associée à chacune selon son importance.

## 2.4. Résistance au feu

Lors de la vérification de la résistance au feu du rez-de-chaussée, vous avez pu voir que les poteaux n'étaient pas les seuls à apparaître en rouge. Le plancher possède également des erreurs. En les consultant de la même façon que nous l'avons fait pour les poteaux, vous verrez que la largeur minimum des nervures pour une résistance R120 (16 cm) n'est pas vérifiée. Pour y remédier, ouvrez la fenêtre « Nouveau plancher » et éditez le plancher du rez-de-chaussée. Introduisez des nervures de 16 cm et, pour respecter la superposition des nervures avec les niveaux supérieurs, réduisez l'entraxe à 78 cm. De même modifier le poids propre à  $[(0,62 \text{ m} \times 0,62 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) / (0,78 \times 0,78) \cdot 9,8 \text{ kN/m}^3] + 0,160 \times 25 = 5,86 \text{ kN/m}^2$ .

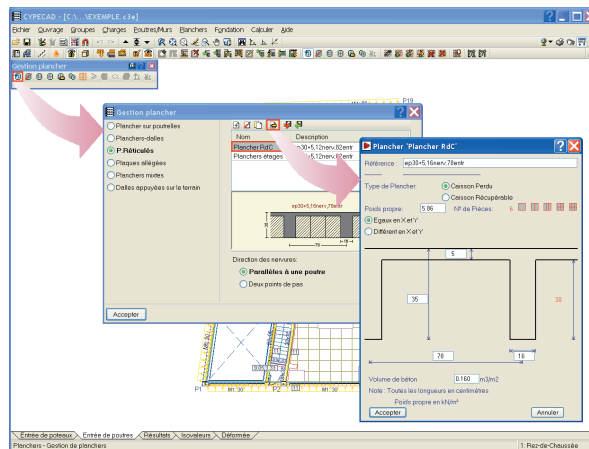


Fig. 2.11

N'oubliez pas de replacer l'armature de base dans le nouveau plancher. Une fois cela fait, recalculer l'ouvrage.

## 2.5. Modification des armatures

### 2.5.1. Poutres

Pour consulter et modifier l'armature d'une poutre, le programme dispose de l'option « Éditer poutres », qui se trouve dans le menu « Poutres/Murs » du dossier « Résultats ». Cette option vous permet d'éditer et de modifier les armatures des différents alignements (Poutres continues) qui ont été calculées.

Si vous avez activé l'option, en cliquant sur l'alignement dont vous désirez éditer l'armature, le programme affichera une fenêtre graphique dans laquelle apparaîtra l'armature de l'alignement. Dans notre cas, sélectionnez l'alignement 10 du groupe de niveaux 2.

Sélectionnez de la première ligne de boutons le type d'armature à modifier (barres, cadre, etc.). Modifiez l'armature

longitudinale, pour cela, activez le premier bouton en commençant par la gauche de la fenêtre puis sélectionnez l'action à réaliser. En sélectionnant l'option « Unir », cliquez sur les 2Ø10 correspondant au premier renfort inférieur se trouvant à gauche et, une fois sélectionné, cliquez sur les 2Ø10 du tronçon central, en indiquant que le nombre de barres à unir sont les deux. De cette façon, les barres seront unies. Réalisez la même opération pour le tronçon de droite. Jusqu'à maintenant, les changements réalisés n'ont pas été replacés dans la poutre. Pour cela, vous devez cliquer sur l'option « Resituer » qui repositionne les barres modifiées dans l'alignement, en vérifiant que l'aire nécessaire soit respectée et en représentant les barres modifiées de couleur verte si elles conviennent et de couleur rouge si elles ne vérifient pas la surface nécessaire.

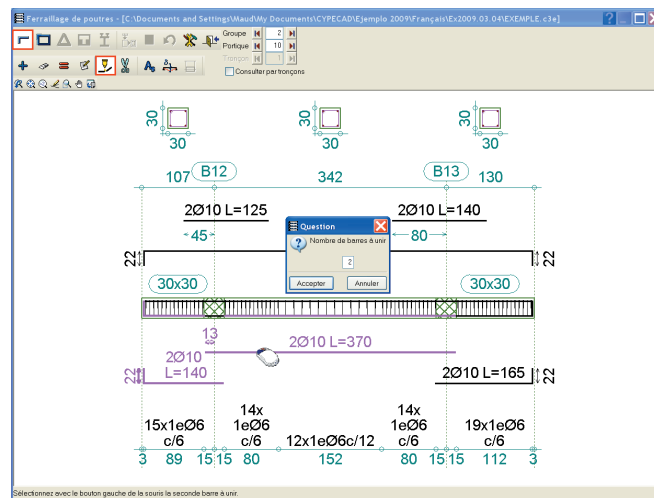


Fig. 2.13

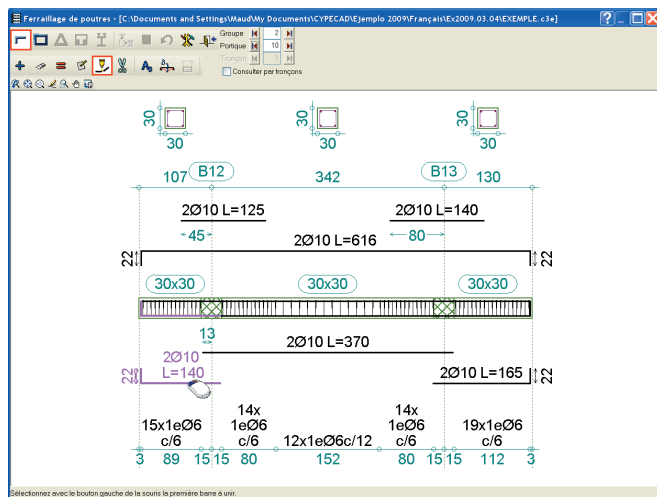


Fig. 2.12

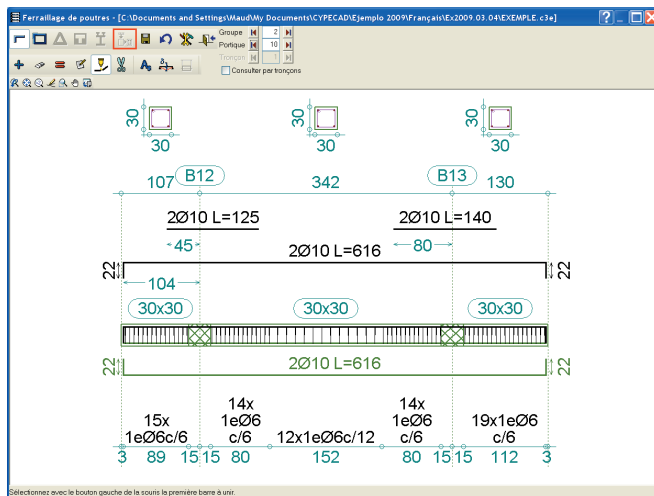


Fig. 2.14

Après avoir resitué, cliquez sur « Enregistrer » pour que les modifications soient conservées. Les boutons suivant ou précédent « Portique » ou « Groupe » permettent de se déplacer parmi tous les alignements (Portiques) de l'ouvrage.



## 2.5.2. Alignements

Le programme génère l'alignement entre deux poutres si les deux possèdent un nœud commun et si l'angle de déviation de l'une par rapport à l'autre ne dépasse pas la valeur fixée dans l'option « Angle des poutres pour alignement » qui se trouve dans les options des poutres dans l'option acier pour barre « Options » du dialogue « Données générales ».

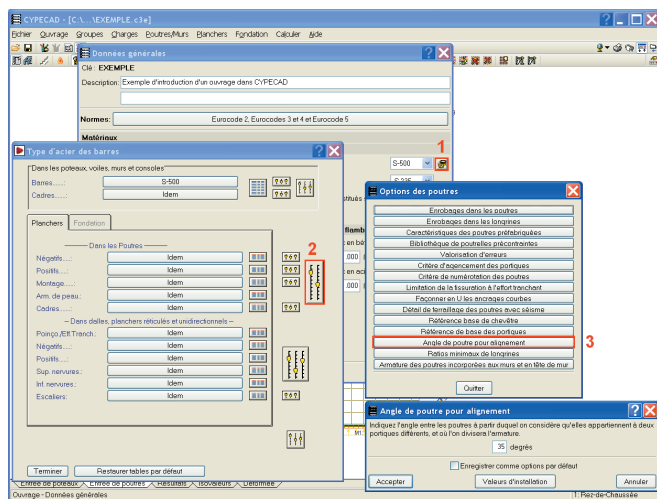


Fig. 2.15

En plus de cette génération automatique des alignements des poutres, le programme dispose d'options pour diviser ou unir les alignements générés par le programme, dans le paragraphe « Alignements des poutres » du menu « Poutres/Murs » du dossier « Entrée des poutres ».

## 2.5.3. Planchers

### 2.5.3.1. Modification des armatures

Le programme arme les planchers avec les efforts obtenus lors du calcul. Dans le cas de dalles ou de planchers réticulés, l'armature peut résulter très inégale. Afin d'éviter cette situation, et de fournir des plans plus homogènes dans l'ouvrage, le programme dispose d'une série d'outils permettant l'édition et la modification des armatures. Ces outils se trouvent dans l'option « Modifier armatures » du menu « Dalles/Planchés réticulés » de l'onglet « Résultats ».

La variété des longueurs et des armatures rend très difficile leur modification sans avoir connaissance des efforts de dimensionnement dans chaque zone, et c'est la raison pour laquelle les options de modification des armatures des dalles et des planchers réticulés ont été implémentées dans la fenêtre des isovaleurs à partir de la version 2009.1.e. Nous passerons donc à l'onglet des isovaleurs pour la modification.

Pour modifier une armature, il faut commencer par sélectionner l'armature en question, puis sélectionner l'option à réaliser.

Dans notre cas, nous allons égaliser les armatures des bandes de support et les centrales. Pour cela, il convient d'analyser les  $\text{cm}^2$  d'acier des différentes nervures qui forment la bande et de diviser par le nombre de nervures totales de cette bande, ce qui donne la quantité moyenne à placer.

À titre d'exemple, réalisez cela dans la zone correspondant à la première travée formée par les poteaux P13-P14-P15-P16-P17-P18-P19 :

Dans les options « Hypothèses et niveaux » activez les « Efforts de dimensionnement » et comme valeur à consulter le « Moment X, pourcentage inférieur », enfin dans l'option « Vues » du menu « Dalles/Planchés réticulés » activez l'armature de renfort longitudinale inférieure.

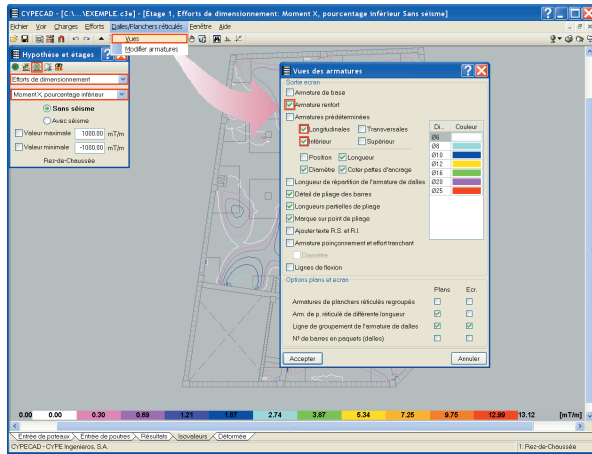


Fig. 2.16

Dans les trois nervures supérieures, égalisez les armatures à la quantité moyenne.

$$\rho_{\text{tot}} = [\phi 10] + [\phi 8 + \phi 8] + [\phi 12 + \phi 10]$$

$$\rho_{\text{tot}} = [0,79] + [0,5 + 0,5] + [1,13 + 0,79]$$

$$\rho_{\text{tot}} = 3,71 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{\rho_{\text{tot}}}{3} = 1,24 \text{ cm}^2 / \text{nervure} \approx [\phi 10 + \phi 8]$$

Sélectionnez l'option « Modifier bande de distribution », la nervure armée avec  $[\phi 8 + \phi 8]$  et égalisez la nervure supérieure et la nervure inférieure.

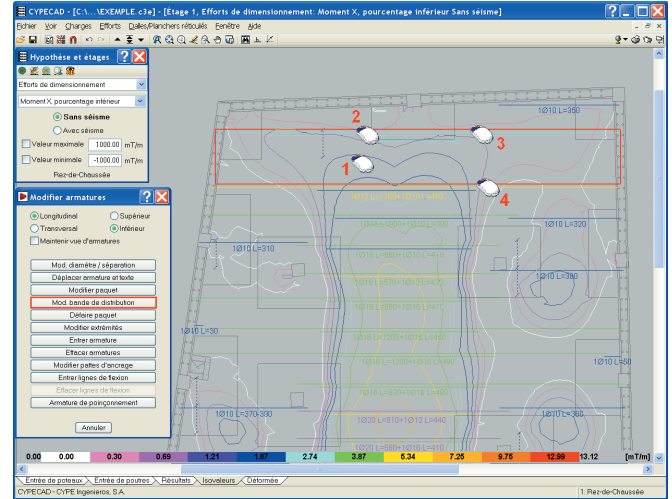


Fig. 2.17

Une fois cela fait, utilisez l'option « Modifier paquet » pour changer l'armature de ce groupement par  $[\phi 10 + \phi 8]$ .

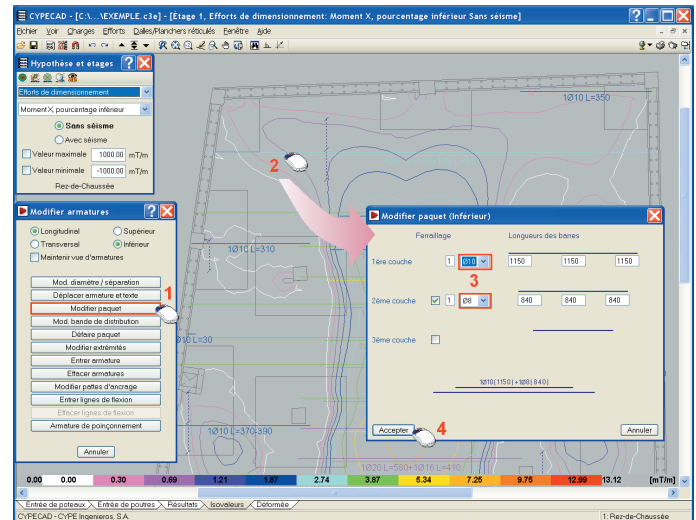


Fig. 2.18

Les isovaleurs permettent de voir que les nervures de gauches comprises entre les poteaux P9-P10-P13-P14 ne supportent pas de moment positif. Il est donc possible de réduire l'armature dans ces zones. Utilisez l'option « Modifier extrémités » pour réduire la longueur de l'armature inférieure à celles que vous venez de modifier et regroupez-la avec celles les deux nervures inférieures. Dans la partie gauche de l'ouvrage, vous pouvez introduire des armatures  $[\sigma 10]$  ou bien  $[\delta 8 + \delta 8]$ . Cette dernière option est préférable étant donné que les nervures du rez-de-chaussée mesurent 16 cm.

Modifiez les armatures restantes en suivant les mêmes méthodes.

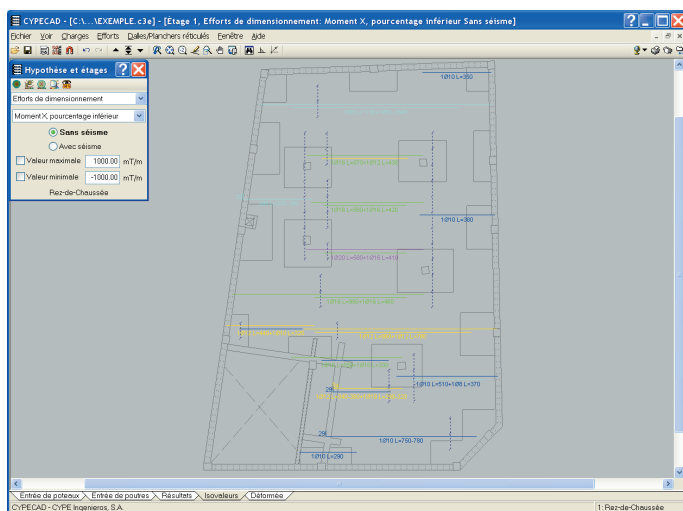


Fig. 2.19

Modifiez le reste des armatures du rez-de-chaussée et des autres niveaux de l'ouvrage de la même façon que vous l'avez fait pour l'armature longitudinale inférieure.

### 2.5.3.2. Copier armature d'un autre groupe

Dans le cas où il y a des niveaux ayant la même géométrie et les mêmes charges, vous n'aurez à réaliser les modifications que dans l'un d'eux. Pour le second, utilisez ensuite l'option « Copier armature d'un autre groupe » du menu « Dalles/Planchers réticulés » de l'onglet « Résultats » et copier l'armature. Pour cela, situez-vous au niveau dans lequel vous voulez copier l'armature d'un autre groupe et activez l'option. Sélectionnez dans la fenêtre le groupe de niveaux duquel vous voulez copier l'armature.

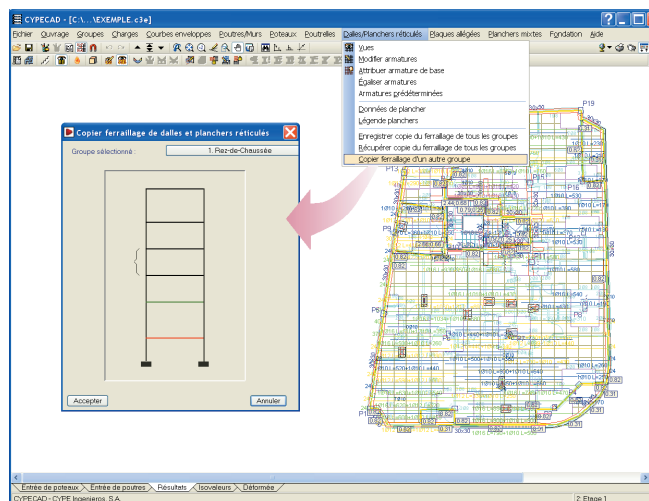



Fig. 2.20

### 2.5.3.3. Enregistrer copie de l'armature de tous les groupes

Si vous devez réaliser une modification sur l'ouvrage qui implique de le recalculer, si cette modification est postérieure à l'égalisation manuelle des armatures, il est recommandé de réaliser une copie des armatures de tous les groupes, de façon à pouvoir récupérer après le calcul les armatures des groupes qui ne sont pas affectés par les modifications.

## 2.6. Fondation

### 2.6.1. Données du terrain

Avant de dimensionner la fondation, vous devez spécifier les caractéristiques du terrain. Pour cela, allez à l'option « Données générales ». À côté du béton pour la fondation, se trouve le bouton  « Données de la fondation » dans lequel vous pouvez définir la contrainte admissible pour des situations persistantes ou accidentelles. À droite de la valeur de la contrainte admissible en situations persistantes, se trouve un bouton permettant d'accéder aux données des terrains les plus habituels. Pour cet exemple, sélectionnez de la grave.

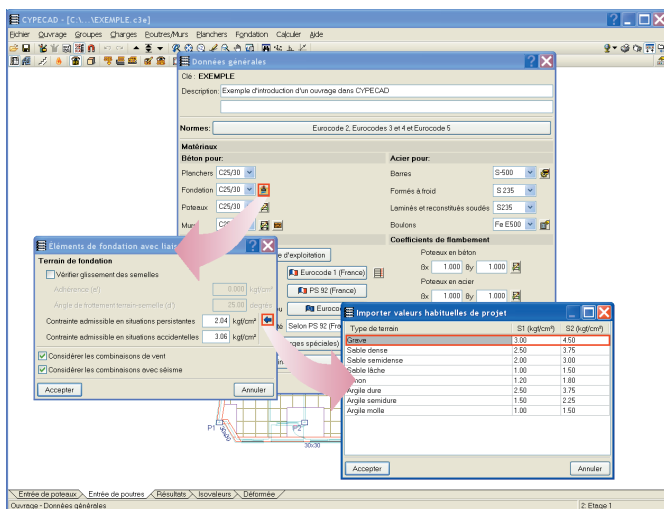


Fig. 2.21

Étant donné que la « Fondation » est étayée par des poutres dans les deux directions orthogonales, il est inutile d'activer la vérification au glissement dans les semelles.

### 2.6.2. Dimensionner

Dans le menu « Fondation », se trouve l'option « Dimensionner ». Lorsque cette option est activée, une fenêtre, dans laquelle vous pouvez sélectionner les éléments à dimensionner s'ouvre. Dans notre cas, sélectionnez tout et choisissez le « dimensionnement itératif »

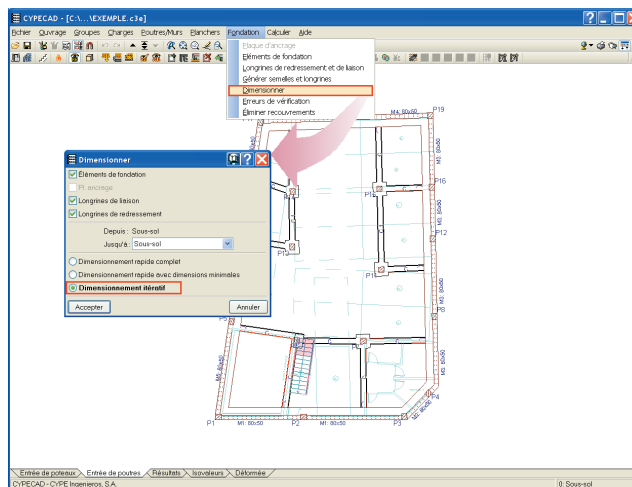


Fig. 2.22

### 2.6.3. Éditer semelles

Une fois le dimensionnement de la fondation réalisé, vous devez éditer les éléments de fondation, dans notre cas les semelles, de façon à égaliser les résultats obtenus par le programme.

Commencez par éditer les semelles du mur M3 qui possède une hauteur de 60 cm et un débord de 60 cm. Vous essayez de modifier le reste des semelles des murs en leur donnant les mêmes dimensions que celles du mur M3. Après avoir modifié la géométrie dans le dialogue « Édition de semelle », utilisez l'option « Dimensionnement > Réarmer » pour que la semelle soit réarmée sans que ses dimensions soient modifiées.

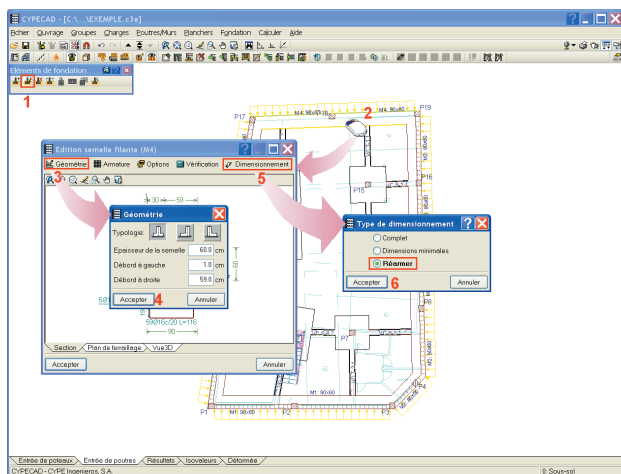




Fig. 2.23

Cette semelle est valable pour tous les murs sauf pour la semelle du mur M2, qui n'a pas pu être dimensionnée car elle se trouve dans une zone où se concentrent les efforts et, d'autre part, aucune longrine de redressement permettant de centrer les efforts de cette semelle n'arrive jusqu'à elle. Bien que les murs M1 et M3 puissent être capables de centrer ces efforts, comme ils n'arrivent pas orthogonalement, le programme ne les prend pas en compte. Pour éviter cette situation, introduisez une longrine de redressement allant du poteau P7 jusqu'au mur M2, éditez la semelle du mur M2, introduisez la dimension de la semelle du reste des murs dans le paragraphe de géométrie et dans l'option « Dimensionner », sélectionnez l'option « Dimensions minimales » de façon à ce que la géométrie initialement proposée soit respectée et que les dimensions augmentent à partir de celles-ci, donnant comme résultat une semelle de 95 cm de débord et de 60 cm de hauteur. Après avoir dimensionné la semelle, supprimez la longrine de redressement, en laissant ainsi le redressement aux murs M3 et M1.

### 3. Recours d'édition

Le programme dispose d'une série d'outils graphiques permettant de dessiner des lignes, des cercles, des arcs et des cotes, d'introduire des notes et d'insérer des détails constructifs du programme lui-même ou d'autres programmes de CAD. Vous pouvez accéder aux recours d'édition en cliquant sur le bouton  de la barre d'outils supérieure. Une fois sélectionné, s'ouvrira un menu flottant dans lequel se trouvent toutes les options de dessin. Ces options peuvent être utilisées en parallèle avec les options de capture  pour pouvoir capturer des éléments du programme ou des entités du fichier DXF/DWG importé dans l'ouvrage.

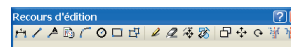



Fig. 3.1

### 4. Plans

Une fois les résultats revus, il faut sortir les plans du projet. Pour cela, cliquez sur le bouton « Plans de l'ouvrage »  de la barre d'outils supérieure. La fenêtre « Sélection de plans » s'ouvrira et vous pourrez ajouter un à un les plans que vous désirez lancer en sélectionnant le type dans le menu dépliant « Type de plan ».

Dans chaque plan, vous pouvez : modifier sa configuration, implanter des détails constructifs dans chacun des plans de même type en cliquant sur le bouton « Détails ».

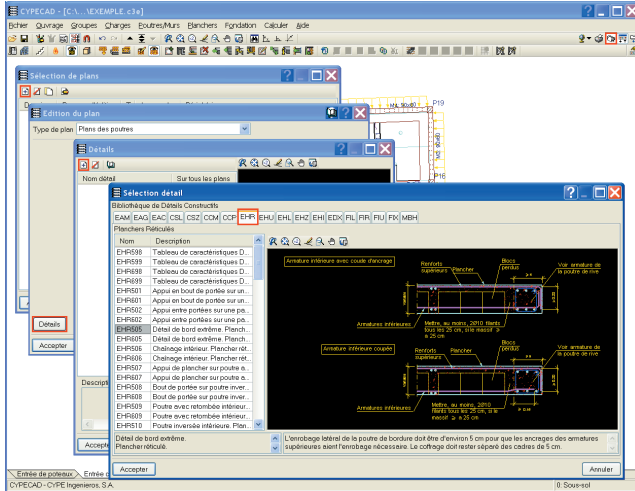


Fig. 4.1

Pour chaque plan, vous devez sélectionner le périphérique vers lequel vous voulez l'envoyer. Vous devez également spécifier si vous désirez dessiner les recours d'édition que vous avez introduit dans les différents niveaux de l'ouvrage.

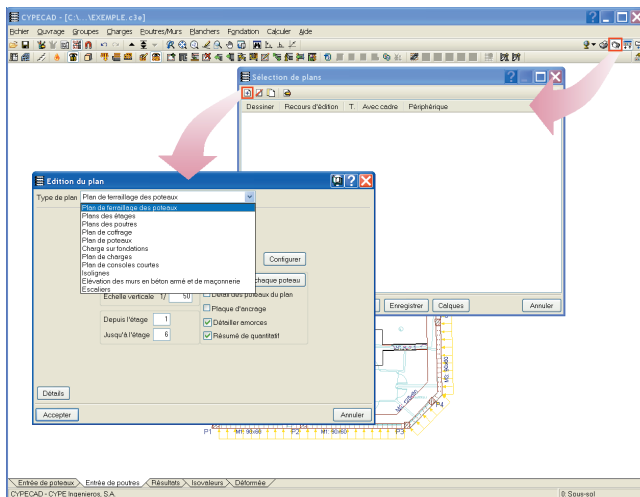


Fig. 4.2

Dans la partie inférieure de la fenêtre, vous disposez de l'option cartouche dans laquelle vous pouvez importer un fichier de dessin avec le cartouche type que vous désirez importer aux plans du projet ou sélectionner le type « vide » de façon à ce que le programme respecte l'espace réservé pour le cartouche lors du placement des dessins dans la zone de papier.

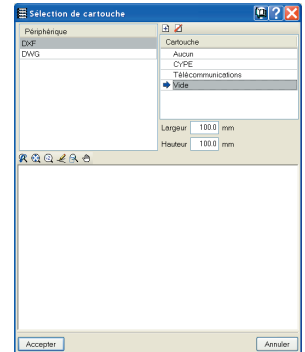


Fig. 4.3

Une fois la sélection des différents plans effectuée, après avoir cliqué sur accepté, le programme affichera la fenêtre « Composition des plans » dans laquelle apparaît la vue préliminaire de ceux-ci. Dans cette fenêtre, vous pouvez déplacer les éléments, modifier les échelles des plans du niveau et déplacer les textes des éléments avant d'imprimer définitivement les plans.

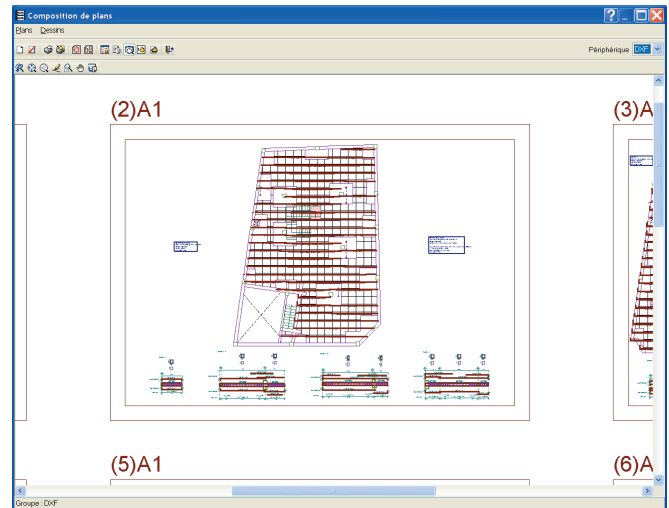



Fig. 4.4

## 5. Listes

Le programme dispose d'une série de listes qui peuvent aider à compléter les annexes de calcul du mémoire du projet. Pour les lister, cliquez sur le bouton « Récapitulatif »  qui se trouve à gauche du bouton des plans que nous avons vu dans le paragraphe précédent. Lorsque vous l'activez, s'ouvre une fenêtre dans laquelle vous pouvez sélectionner le document à lister.

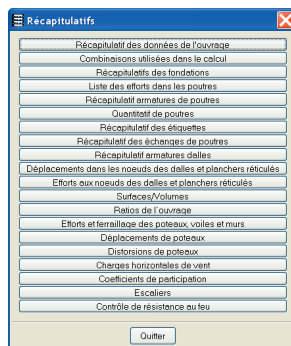


Fig. 5.1