

# Ponts-Cadres PICF

Manuel de l'utilisateur



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

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

[www.cype.fr](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 Ponts-Cadres PICF 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.

1ère Edition (Novembre, 2006)

Edité et imprimé à Alicante (Espagne)

Windows ® est une marque enregistrée de Microsoft Corporation ®

<b>1. Mémoire de calcul</b> .....	<b>7</b>	<b>2. Description du programme</b> .....	<b>14</b>
1.1. Concepts préalables .....	7	2.1. Assistants .....	15
1.2. Réglementation appliquée .....	7	2.2. Introduction de la géométrie .....	17
1.3. Actions .....	7	2.3. Récapitulatifs .....	20
1.3.1. Poussées du terrain .....	7	2.4. Plans .....	21
1.3.2. Charges appliquées sur la dalle de roulement supérieure .....	8		
1.3.3. Charges appliquées sur la dalle de roulement inférieure .....	9		
1.3.4. Surcharge hydraulique .....	9		
1.4. Discrétisation effectuée .....	9		
1.5. Méthode de calcul .....	9		
1.6. Résultats .....	10		
1.6.1. Modules .....	10		
1.6.2. Murs en aile .....	11		
1.6.3. Semelles des murs en aile .....	13		



## **Presentation**

*Ponts-Cadres PICF est un logiciel conçu pour le dimensionnement et la justification des ponts-cadres en béton armé utilisés pour les passages inférieurs de routes ou pour les ouvrages de drainage. Les ponts-cadres peuvent être rectangulaires, trapézoïdaux ou de tracé polygonal libre en plan, ou encore unis ou multicellulaires.*

*Le logiciel permet de réaliser le dimensionnement du pont-cadre soit pour une préfabrication en définissant les joints soit pour une exécution sur site. La section du module peut être divisée en caissons multicellulaires.*

*Il dispose de plusieurs assistants qui vous aideront pour l'introduction des données pour les cas courants de ponts-cadres droits, biais et généraux.*

*Le logiciel utilise la méthode de calcul par les éléments finis triangulaires de type lamelle épaisse tridimensionnelle qui prend en compte la résistance à l'effort tranchant. Les éléments comportent 6 nœuds situés sur chaque sommet et au centre de chaque côté et ayant chacun 6 degrés de liberté.*

*Vous pouvez introduire des convois de charge en différentes positions en indiquant graphiquement le parcours de l'axe et le nombre de positions du convoi, des charges en bande, des charges sur les dalles, etc.*



# 1. Mémoire de calcul

## 1.1. Concepts préalables

Les ponts-cadres sont constitués de:

- **Modules**

Deux dalles (tablier et radier) encastrées dans deux parois latérales (piédroits). L'intérieur du module (la cellule) peut être uni ou multicellulaire, en ajoutant aux deux piédroits une ou plusieurs parois qui s'encastrent aussi dans le tablier, le radier ou la dalle de fondation. Toutes les dalles décrites sont d'épaisseurs constantes.

- **Murs en aile**

Le mur en aile est un élément indépendant du corps principal. Il est formé par un mur en béton armé travaillant en console et encastré sur une semelle filante avec des débords avant et arrière variables en fonction de la hauteur du mur.

## 1.2. Réglementation appliquée

Les normes pouvant être prises en compte pour la justification et le dimensionnement des armatures des sections sont les suivantes:

- **BAEL (France)**
- **EHE (Espagne)**
- **REBAP (Portugal)**

Les matériaux sélectionnables répondront aux exigences de ces différentes normes.

Afin de compléter la conception, des dispositions de la norme EC-2 (Eurocode), des critères de CYPE Ingenieros et de divers auteurs ont aussi été pris en compte.

Pour la génération des actions ont été prises en compte les normes suivantes:

- **CFC, Fascicule 61 (France)**
- **IQP-98 et ROM 0.2-90 (Espagne)**
- **RSA (Portugal)**

## 1.3. Actions

En plus du poids propre, le programme génère les actions suivantes:

### 1.3.1. Poussées du terrain

Les poussées du terrain regroupent toutes les actions provoquées par le remblai sur les éléments de la structure qui sont en contact avec lui. L'action des terres a deux composantes : le poids sur les éléments horizontaux (dalle du pont-cadre, radier des murs en aile) et la poussée sur les éléments verticaux (parois du module, murs en aile).

- Le poids des terres sur les éléments horizontaux est déterminé en appliquant au volume de sol qui repose sur la surface de l'élément horizontal le poids spécifique du remblai compacté.
- L'estimation des poussées horizontales est réalisée au moyen d'un calcul bidimensionnel, introduisant les sections perpendiculaires aux parois du module et les murs en aile.

Les parois du module sont considérées suffisamment rigides pour pouvoir considérer un état de contrainte de poussée au repos. Le coefficient de poussée au repos est estimé par la formule de Jaky. A partir d'un certain angle de talus, on applique la formule complémentaire du Corps of Engineers, 1961.

Pour les murs en aile, la pression sur le mur se calcule par la méthode de Coulomb (méthode du coefficient d'appui actif), en prenant en compte un angle de talus égal à l'angle de frottement interne. Le talus se termine au niveau de la cote du plan supérieur de roulage ; à partir de ce point, le terrain est considéré comme horizontal. Le modèle permet de prendre en compte l'effet de la cohésion et de l'angle de frottement entre le terrain et le mur.

### 1.3.2. Charges appliquées sur la dalle de roulement supérieure

Le programme permet de définir comme charges additionnelles appliquées au plan de roulement les charges suivantes :

**Surcharge supérieure** : surcharge superficielle d'extension infinie. Vous pouvez définir une surcharge différente pour le module et chacun des murs en aile. En ce qui concerne les combinaisons, cette surcharge est considérée comme incompatible avec le reste des charges appliquées sur la dalle de roulement.

**Charges réparties ou en bande** : elles peuvent être utilisées pour simuler les surcharges correspondant au trafic sur la chaussée. Leurs effets sur les murs en aile ne sont pas considérés.

**Convois de charge** : les convois de charge disponibles sont décrits dans les réglementations CBC française, IAP-98 espagnole, RSA portugaise, NBR brésilienne, les Eurocodes et les ROM 0.2-90. L'utilisateur peut de plus définir ses propres convois de charge. Leurs effets sur les murs en aile ne sont pas considérés.

Toutes les charges s'appliquent selon la direction Z globale et affectent uniquement le module.

Elles peuvent agir sur la structure de différentes manières :

- Effet sur la traverse supérieure : Les charges transmettent leur action sur la traverse à travers le remblai, lequel se comporte comme une couche de répartition qui applique de façon pyramidale la charge. L'angle de diffusion peut être configuré par l'utilisateur. La valeur superficielle de la charge projetée est déterminée avec comme condition que la valeur ponctuelle soit la même que la charge originale.
- Effet de la charge sur les parois: Les charges transmettent leur action sur les parois du module à travers le remblai, de façon à ce que le terrain provoque sur les parois des poussées supplémentaires. L'hypothèse d'un état de poussée au repos reste valide.

Dans le cas d'une charge uniforme, l'augmentation de la poussée est égale à celle générée par une hauteur additionnelle de terre de valeur  $q \cdot 1/(g \cdot \cos(b))$ ,  $b$  étant l'angle du talus,  $q$  la valeur de la charge et  $g$  le poids spécifique du terrain.

L'effet produit par les surcharges ponctuelles sur les murs rigides, avec déplacement bloqué, est déterminé en appliquant la théorie de l'élasticité. En général, le problème est résolu à partir du problème de Boussinesq, en substituant la condition de non déformation du mur par une charge virtuelle additionnelle symétrique à la charge réelle par rapport à l'extrados du mur.

Si l'action appliquée est une charge uniformément répartie ou un convoi, les effets sont calculés par superposition de charges ponctuelles.

### 1.3.3. Charges appliquées sur la dalle de roulement inférieure

Surcharge uniforme inférieure: Surcharge surfacique appliquée exclusivement sur le radier du module.

### 1.3.4. Surcharge hydraulique

Action causée par un cours d'eau à l'intérieur du pont-cadre. Elle s'évalue à partir d'un poids spécifique de l'eau égal à 9,8 kN/ m<sup>3</sup>. La poussée de l'eau est l'hydrostatique. En ce qui concerne les combinaisons, cette surcharge est incompatible avec la surcharge uniforme inférieure.

Les effets sur le pont-cadre des charges thermiques, des charges de freinage et de l'action des séismes ne sont pas pris en compte.

## 1.4. Discrétisation effectuée

Le modèle de calcul est celui des éléments finis triangulaires de type lamelle épaisse tridimensionnelle qui prend en compte la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de 6 nœuds avec 6 degrés de liberté situés sur chaque sommet et au milieu de chaque côté. Le maillage du pont-cadre est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur, portée et charges introduites).

L'assise du module est considérée comme étant assurée par une dalle appuyée sur un sol élastique avec des ressorts aux nœuds (méthode du module de réaction), conformément au modèle de Winkler, basé sur une constante de proportionnalité entre les forces et les déplacements, dont la valeur est le module de réaction. La validité de cette hypothèse est applicable à des sols homogènes. Le module de réaction est une donnée à

introduire dans le programme. Sa détermination est effectuée au moyen de méthodes empiriques comme l'essai de plaque. Normalement, si une étude géotechnique a été effectuée, celle-ci doit fournir la valeur exacte de ce module pour les dimensions prévues pour la dalle de fondation.

Le mur en aile se calcule comme un élément de console. Cependant, si la longueur du mur en aile est grande, l'armature est divisée en plusieurs tronçons (la longueur minimale de chaque tronçon est définie dans les options de calcul). Chaque tronçon aura une largeur de semelle différente. Dans le cas d'un mur de hauteur variable, chaque tronçon se discrétise en bandes verticales de deux mètres de longueur en pied pour le calcul de l'armature ; le ferrailage le plus fort est obtenu pour la bande la plus haute et est utilisé pour armer tout le mur du même tronçon. Pour le calcul de la stabilité au renversement et au glissement du mur en aile, une résultante unique de l'ensemble est obtenue et la semelle globale, et non par tronçons, est vérifiée.

Sous le mur en aile on dimensionne une semelle filante qui peut être de plusieurs types : avec patin et talon, seulement avec patin, seulement avec talon.

Dans le cas où des joints sont prévus dans l'ouvrage, le programme considérera les modules comme étant indépendants entre eux.

## 1.5. Méthode de calcul

Les principes de la **Mécanique Rationnelle** et les théories classiques de la **Résistance des Matériaux et de l'Elasticité** ont été considérés pour l'obtention des sollicitations.

La méthode de calcul appliquée est celle des Etats Limites pour laquelle l'effet des actions extérieures, pondérées par des coefficients, est inférieur à la réponse de la structure en minorant les résistances des matériaux (réglementations BAEL, EHE, RSA et REBAP).

Les **Etats Limites Ultimes** vérifient l'équilibre statique et la résistance des matériaux.

Les **Etats Limites de Service** vérifient les déformations (flèches), les contraintes sur le terrain et le soulèvement des fondations superficielles.

Une fois les états de charge définis, on procède au calcul des combinaisons possibles avec les coefficients correspondants de majoration et minoration conformément aux coefficients de sécurité et aux hypothèses de base définies dans la norme.

L'obtention des efforts dans les différentes hypothèses simples se fait par un calcul linéaire de premier ordre, c'est-à-dire en admettant la proportionnalité entre les efforts et les déformations, le principe de superposition des actions et un comportement linéaire et géométrique des matériaux et de la structure.

Les courbes enveloppes, tracées pour chaque type d'effort, permettent d'obtenir les sollicitations déterminantes dans le dimensionnement des éléments.

## 1.6. Résultats

### 1.6.1. Modules

En chaque noeud, huit efforts sont obtenus par une analyse élastique et linéaire. Ces efforts sont utilisés pour vérifier et dimensionner la section de béton et l'armature. A partir des déplacements, on vérifie la flèche, les contraintes appliquées sur le terrain, le soulèvement de la dalle de fondation, etc.

Les états à vérifier sont :

- **Quantité minimale géométrique**

Pour contrôler la fissuration due aux déformations causées par les effets de la température et de la rétraction, des quantités minimales d'armatures sont imposées selon la norme.

- **Quantité minimale mécanique**

Des quantités minimales mécaniques pour l'armature verticale sont exigées pour que ne se produisent pas de ruptures fragiles à la fissuration de la section sous les efforts de flexion composée.

- **Vérification sous flexion composée**

La vérification de la résistance de la section est réalisée en utilisant comme loi constitutive du béton le diagramme contraintes-déformations de la loi parabole-rectangle, apte pour délimiter la zone des efforts de ruptures à la flexion composée de celle de non-rupture d'une section de béton armé. La vérification pour la flexion composée est implémentée pour toutes les réglementations que supporte le programme, avec leurs particularités correspondantes quant à l'intégration des contraintes dans la section les pivots qui délimitent les déformations maximales admissibles des matériaux qui constituent la section (acier et béton).

Lors de la réalisation de la vérification en flexion composée, la précaution que les armatures soient ancrées est prise afin de pouvoir les considérer effectives.

De plus, comme les efforts sous flexion composée travaillent conjointement avec l'effort tranchant, il se produit une interaction entre ces efforts. Ce phénomène est pris en compte en décalant la courbe-enveloppe des moments fléchissants dans le sens le plus défavorable, d'une distance déterminée par la norme utilisée.

- **Vérification à l'effort tranchant**

La vérification de cet état limite ultime est réalisée de la même façon que sous flexion composée. Puisqu'il n'y a pas d'armature transversale dans la section, on considère seulement la contribution du béton dans la résistance à l'effort tranchant. La valeur de la contribution du béton sous effort tranchant s'évalue à partir d'un terme  $V_{cu}$  obtenu de manière expérimentale.

Ce terme est généralement inclus dans la vérification de l'effort tranchant ultime par traction dans l'âme de la section. En application, les différentes expressions qui évaluent cette composante  $V_{cu}$  ont été considérées selon la réglementation choisie.

- **Déplacement maximal et flèche relative**

Les déplacements et les flèches pour les éléments structuraux sont limités conformément à la norme.

- **Distorsion angulaire**

On envisage comme étude limite de service la distorsion angulaire qui se produit dans le tablier, le radier, les piédroits et les murs diviseurs.

- **Élancement mécanique**

On limite l'élancement mécanique des éléments comprimés comme les piédroits et les dalles du modules.

- **Longueurs minimales des crochets**

Le calcul est réalisé selon les différentes normes implémentées.

- **Séparation minimale des armatures**

La norme exige une séparation minimale entre les armatures pour une mise en place correcte du béton.

- **Séparation maximale des armatures**

Cette limitation a pour but de ne pas laisser de zones non armées. On peut considérer que c'est une condition minimale pour pouvoir parler de béton armé au lieu de béton massif.

- **Soulèvement**

On vérifie que la dalle de fondation (radier) ne subit pas de déplacement vertical ascendant. Ceci invaliderait le calcul (le terrain ne peut pas retenir la dalle). Si cela arrive, vous devez revoir la structure en rigidifiant plus la dalle si c'est possible.

- **Contrainte admissible**

La contrainte maximale transmise au terrain est celle indiquée par l'utilisateur.

## 1.6.2. Murs en aile

Les états à vérifier sont :

- **Vérification du cisaillement à la base du mur**

Il est vérifié que l'effort tranchant au niveau de la jonction entre le mur et la semelle est inférieur à l'effort tranchant résisté par la section en ce point en prenant en compte la section de béton et le ferrailage mis en place.

- **Épaisseur minimale**

L'épaisseur minimale est fonction de la norme.

- **Quantité géométrique minimale**

Pour contrôler la fissuration due aux déformations causées par les effets de la température et du retrait, des quantités minimales d'armatures sont imposées selon la norme.

- **Quantité mécanique minimale**

Pour les armatures verticales, des quantités mécaniques minimales sont exigées afin d'éviter l'apparition de ruptures fragiles lors de la fissuration de la section par les efforts de flexion-compression.

- **Quantité mécanique maximale**

On impose un maximum pour la quantité d'armature verticale totale.

- **Séparation minimale des armatures**

La norme exige une séparation minimale entre les armatures pour une mise en place correcte du béton.

- **Séparation maximale des armatures**

Cette limitation a pour but de ne pas laisser de zones non armées. On peut considérer que c'est une condition minimale pour pouvoir parler de béton armé au lieu de béton massif.

- **Vérification sous flexion composée**

La vérification de la résistance de la section est réalisée en utilisant comme loi constitutive du béton le diagramme contraintes-déformations simplifié parabole-rectangle, apte pour délimiter la zone des

efforts de rupture sous flexion composée de celle de non-rupture d'une section de béton armé. La vérification sous flexion composée est implémentée pour toutes les réglementations que supporte le programme, avec leurs particularités correspondantes quant à l'intégration des contraintes dans la section et aux pivots qui délimitent les déformations maximales admissibles par les matériaux constitutifs (acier et béton).

Lors de la réalisation de la vérification sous flexion composée, la précaution d'ancrer les armatures est prise afin de pouvoir les considérer comme effectives dans le calcul sous flexion composée.

De plus, comme les efforts sous flexion composée travaillent conjointement avec l'effort tranchant, il se produit une interaction entre ces efforts. Ce phénomène est pris en compte en décalant la courbe-enveloppe des moments fléchissants dans le sens le plus défavorable, d'une distance déterminée par la norme utilisée.

- **Vérification à l'effort tranchant**

La vérification de cet état limite ultime est réalisée de la même façon que sous flexion composée. Puisqu'il n'y a pas d'armature transversale dans la section, on considère seulement la contribution du béton dans la résistance à l'effort tranchant. La valeur de la contribution du béton sous effort tranchant s'évalue à partir d'un terme  $V_{cu}$  obtenu de manière expérimentale. Ce terme est généralement inclus dans la vérification de l'effort tranchant ultime par traction dans l'âme de la section. En application, les différentes expressions qui évaluent cette composante  $V_{cu}$  ont été considérées selon la réglementation choisie.

- **Vérification à la fissuration**

L'état limite de fissuration est un état limite de service qui est vérifié pour pouvoir contrôler l'apparition de fissures dans les structures en béton. Dans le cas des murs, le contrôle de la fissuration est très important

puisque celle-ci se produit principalement sur la face extradors. C'est une zone qu'il n'est pas possible d'observer visuellement et où peut proliférer la corrosion des armatures. La détérioration de la structure peut se produire sans pouvoir évaluer facilement les effets négatifs qui se produisent sur le mur. Il s'agit donc de contrôler les fissures causées par les actions qui s'appliquent directement sur le mur (terrain, nappe phréatique, surcharges...) et non les fissures dues au retrait et à la température qui ont déjà été prises en compte dans les minimums géométriques d'armatures.

Pour le calcul de la fissuration limite, on suit une procédure simplifiée en flexion simple avec laquelle on obtient des résultats orientés vers la sécurité par rapport à ceux qui peuvent être obtenus en appliquant les méthodes en flexion composée.

Pour les différentes normes utilisées dans le programme, on suit la méthode générale de calcul de la fissuration et les résultats obtenus sont comparés aux limites qu'impose chaque réglementation suivant le type d'exposition ou de milieu dans laquelle se trouve la structure. A la différence des états limites ultimes de flexion composée et effort tranchant dans lesquels les combinaisons d'actions correspondantes sont utilisées, dans le cas de la fissuration les combinaisons employées sont celles des actions correspondant aux états limites de service. Le programme calcule pour cela l'ouverture caractéristique des fissures  $w_k$  pour toutes les hypothèses.

On répète le calcul pour différentes cotes de l'écran comme on procède dans le cas des vérifications sous flexion composée et pour l'effort tranchant. On extrait la valeur la plus défavorable et on la compare avec la valeur de la fissuration limite indiquée par chaque norme. De cette façon on peut vérifier si cet état limite de service est réalisé ou non.

- **Vérification des longueurs de recouvrement géométrique**

Le calcul des longueurs de recouvrement géométrique est réalisé selon les différentes normes implémentées.

- **Vérification de l'ancrage de l'armature de base à la face supérieure**

Le calcul des longueurs d'ancrage est réalisé selon les différentes normes.

### 1.6.3. Semelles des murs en aile

La charge d'un mur est convertie et discrétisée en un diagramme de charges le long du mur. Cela revient à convertir une résultante en un diagramme de contraintes appliquées le long de la base du mur, avec une discrétisation que le programme réalise en interne selon les dimensions.

Les états à vérifier sont :

- **Vérification au non-renversement et au non-glissement**

En appliquant les combinaisons d'état limite correspondantes, on vérifie que la résultante reste appliquée à l'intérieur de la semelle et le programme calcule le coefficient de stabilité au renversement et au glissement.

- **Contraintes sur le terrain**

On suppose un diagramme de déformation plan pour la semelle. On obtiendra alors, en fonction des efforts, des diagrammes de contraintes sur le terrain de forme trapézoïdale. Les tractions ne sont pas admises et donc quand la résultante sort du noyau central apparaîtront des zones sans contrainte. La résultante doit rester dans la semelle, sinon il n'y a pas d'équilibre. On considère le poids propre de la semelle. On vérifie que la contrainte moyenne ne dépasse pas celle du terrain et que la contrainte maximale sur le bord n'excède pas un % de la contrainte moyenne.

- **Epaisseur minimale**

L'épaisseur minimale est vérifiée selon la norme.

- **Longueurs d'ancrages**

L'ancrage aux extrémités des armatures est vérifié en plaçant les coudes correspondants selon les cas et la position de l'armature.

- **Diamètre minimal des barres**

On vérifie que le diamètre ne soit pas inférieur au minimum indiqué dans la réglementation.

- **Séparation maximale des armatures**

Cette limitation a pour but de ne pas laisser de zones non armées. On peut considérer que c'est une condition minimale pour pouvoir parler de béton armé au lieu de béton massif.

- **Séparation minimale des armatures**

Les écarts minimaux entre les armatures sont vérifiés selon la norme.

- **Flexion dans la semelle**

La flexion dans la semelle se vérifie dans la section de référence située à 0,15 fois la dimension du mur, du bord du mur vers l'intérieur. Le dimensionnement à la flexion oblige à disposer une certaine épaisseur de béton afin d'éviter d'avoir à placer des armatures de compression. Dans le cas de traction sur la face supérieure de la semelle, on placera une armature supérieure.

- **Effort tranchant**

La section de référence se situe à une hauteur utile à partir du parement du mur. Le dimensionnement à l'effort tranchant oblige à disposer des épaisseurs pour éviter de mettre en place des renforts transversaux.

- **Pourcentages géométriques et mécaniques minimums**

Le respect des pourcentages géométriques et mécaniques minimaux est vérifié selon la norme.

## 2. Description du programme

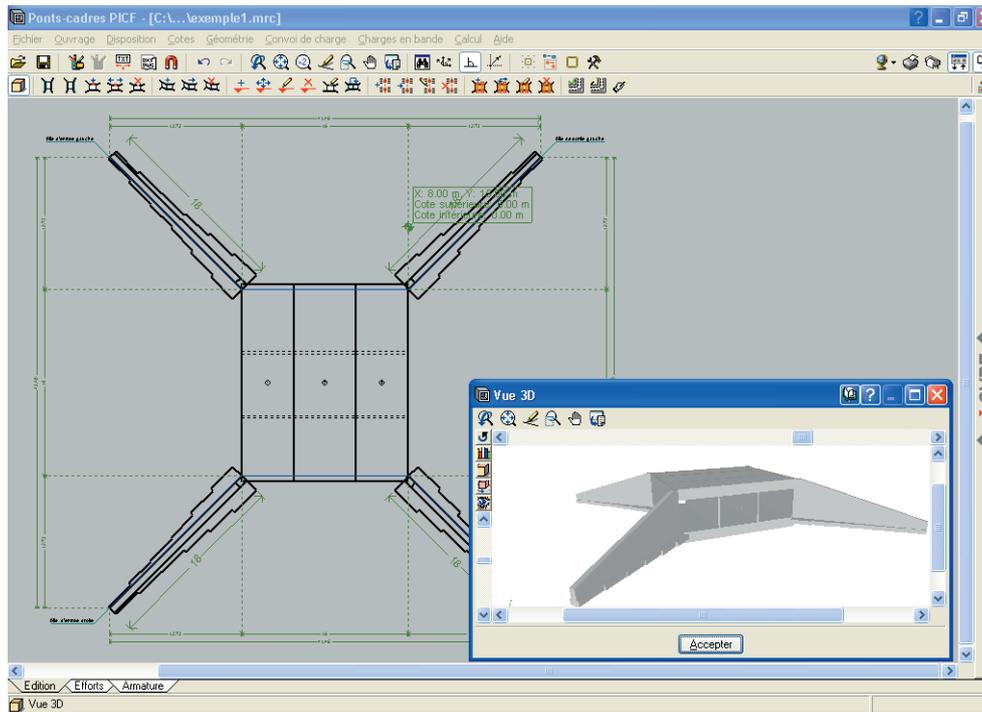


Fig. 2.1

## 2.1. Assistants

Lors de la création d'un nouvel ouvrage apparaît la fenêtre de dialogue **Sélection de l'assistant** :

Si vous créez l'ouvrage avec l'aide de l'assistant, le programme générera les données nécessaires pour le décrire (selon le type d'assistant sélectionné) à partir d'un nombre réduit de paramètres introduits de façon séquentielle. Cela inclut : la génération de géométrie et des charges du terrain, les convois de charges, les surcharges uniformes en bande et les surcharges uniformes sur les dalles.

Les épaisseurs des dalles sont fonctions de la portée entre les piédroits. Les épaisseurs des piédroits sont fonctions du gabarit du passage inférieur.

Sélectionnez l'assistant que vous souhaitez utiliser :

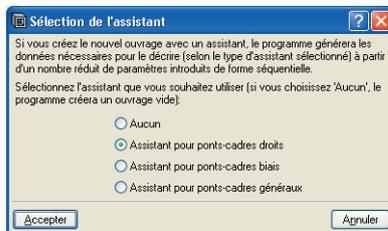


Fig. 2.2

- **Aucun.** Le programme ouvrira un document vide.
- **Assistant pour les ponts-cadres droits**

Il permet de définir un pont-cadre avec bords libres et piédroits parallèles, c'est-à-dire avec dalle rectangulaire. A titre d'exemple, les données à introduire sont décrites ci-dessous. Pour les autres types de ponts-cadres, les données varient légèrement.

Cet assistant vous demande le gabarit ou la hauteur intérieure libre des modules, la portée et la longueur totale des modules. La cote du plan supérieur de

roulement n'est pas à introduire. Ce plan sera donné par l'épaisseur de la dalle supérieure qui est fonction de la portée libre (voir la table présentée précédemment).

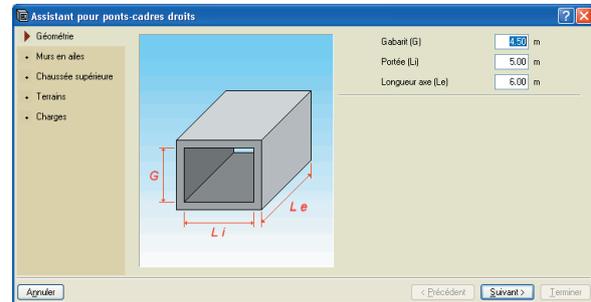


Fig. 2.3

Vous pouvez activer ou non la présence de murs en aile et leur angle. Le programme génère la charge sur le remblai présent sur l'extrados des murs en aile en fonction du sinus de l'angle en prolongation. Par exemple, en supposant que l'on ait une surcharge de 1 t/m<sup>2</sup>, un angle de 0 degrés génère 0 t/m<sup>2</sup> de surcharge, un angle de 45 degrés génère 0,7 t/m<sup>2</sup> et un angle de 90 degrés génère 1 t/m<sup>2</sup>.

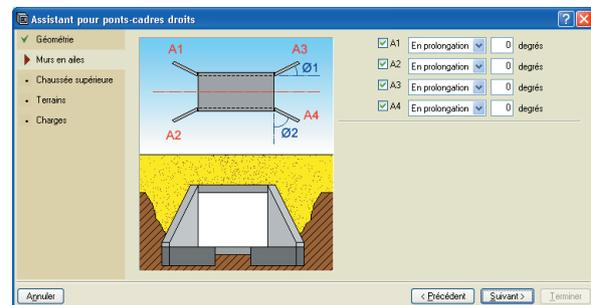


Fig. 2.4

On définit la chaussée supérieure et on dispose les charges en bande (uniformément réparties) en indiquant la position et la direction.

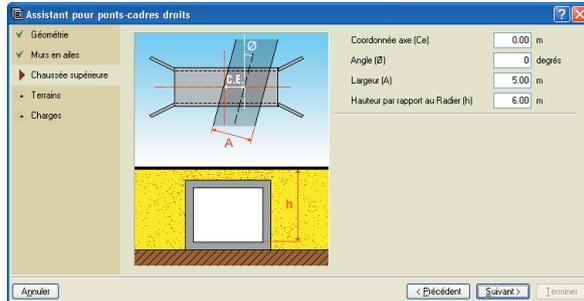


Fig. 2.5

On définit les terrains de base et de remblai.

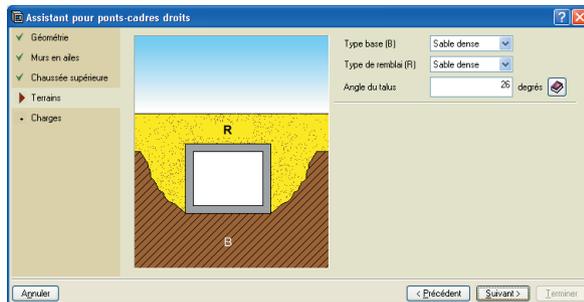


Fig. 2.6

Le programme demande maintenant le type de convois de charges et la surcharge sur le plan intérieur de roulement.

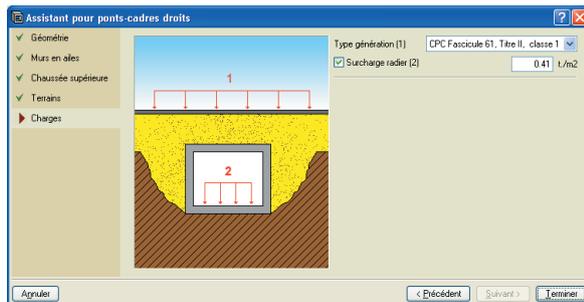


Fig. 2.7

Un résumé des paramètres de génération du pont-cadre s'affiche.

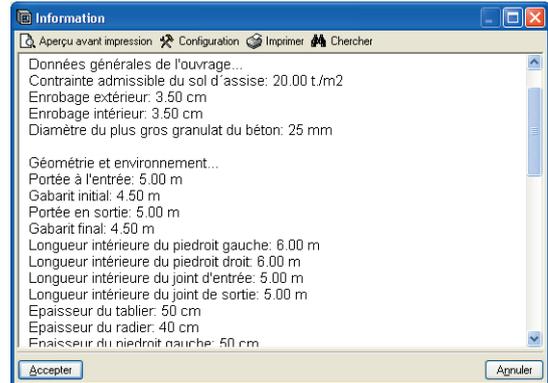


Fig. 2.8

Une fois la génération terminée, l'utilisateur peut modifier toutes les données qu'il désire.

- **Assistant pour les ponts-cadres biais**

Il permet de définir un pont-cadre avec des bords libres d'angle variable et des piédroits parallèles.

- **Assistant pour les ponts-cadres généraux**

Il permet de définir un pont-cadre avec des bords libres et des piédroits d'angle variable.

Quelque soit l'assistant utilisé, le programme utilise le critère suivant de dimensionnement des épaisseurs :

Portée	Épaisseur Tablier	Épaisseur Radier
$L \leq 5$	$0.02 \cdot L^2 + 0.10$	$0.02 \cdot L^2 + 0.10$
$5 < L < 7$	0.5	0.4
$L \geq 7$	$0.00835 \cdot L^2 + 0.10$	$0.00816 \cdot L^2 + 0.10$

Pour tous les assistants, les plans de roulement générés sont horizontaux.

Gabarit	Épaisseur Piédroit
$G \leq 4.5$	$0.02 \cdot G^2 + 0.10$
$4.5 < G < 7$	0.5
$G \geq 7$	$0.07126 \cdot G$

## 2.2. Introduction de la géométrie

L'introduction de la géométrie se réalisera au moyen des options du menu **Disposition**. Dans un premier temps il faut introduire les lignes de calage des piédroits (en bleu). Vous devez prendre en compte que, par défaut, les faces intérieures des piédroits s'ajustent sur les lignes de calage. Au moment d'introduire les lignes de calage vous devez donc penser, qu'il s'agit des faces intérieures des piédroits et que donc la séparation entre le piédroit droit et le gauche est la portée libre du pont.

Ce menu permet aussi d'indiquer les bords libres et les joints.

Même si cela n'est pas absolument nécessaire, si vous disposez d'un fichier DXF ou DWG où sont indiqués sur plan les piédroits (ligne de la face intérieure de préférence), l'introduction de la géométrie du pont-droit sera beaucoup plus rapide. Utiliser le fichier DXF ou DWG comme fond de plan pour l'introduction des piédroits est avantageux par rapport à l'introduction par coordonnées et peut être la méthode employée quand vous ne souhaitez pas utiliser les assistants.

Si vous utilisez un DXF, avant de l'exporter depuis votre programme CAD, assurez-vous que le nombre de décimales soit de 3.

Vous devez aussi vous assurer que l'unité de mesure est le mètre avant d'importer un DXF ou un DWG.

Pour importer le fichier DXF ou DWG au format propre du programme, suivez les étapes suivantes :

1. Sélectionnez l'icône **Editer fonds de plan** de la barre d'outils. La fenêtre **Gestion des vues de fonds de plan** s'ouvre alors (Fig. 2.9).
2. Cliquez sur l'icône **Ajouter**. La fenêtre **Sélection des fonds de plan à lire** apparaît et vous proposera de sélectionner le fichier que vous désirez. Une fois sélectionné, cliquez sur **Ouvrir**.

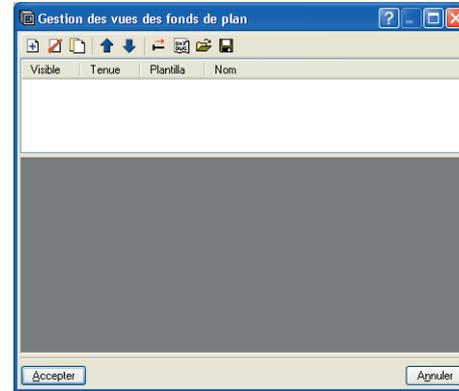


Fig. 2.9

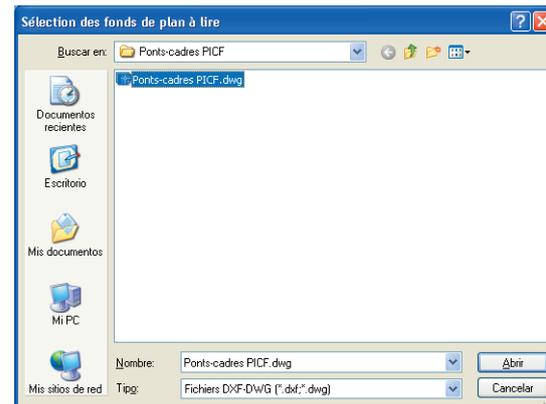


Fig. 2.10

3. Cliquez sur **Accepter** pour revenir à la fenêtre **Gestion des vues de fond de plan** et cliquez de nouveau sur **Accepter** pour le visualiser à l'écran.

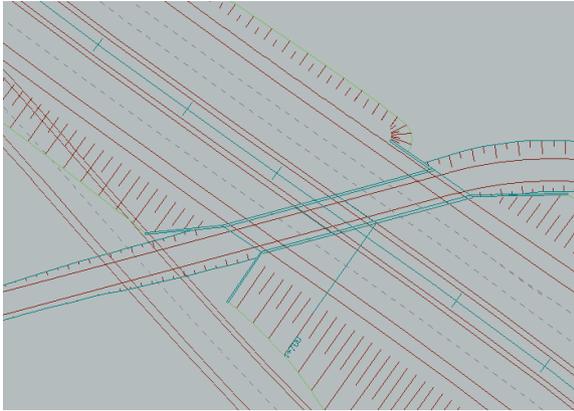


Fig. 2.11

Pour l'utilisation des captures, cliquez dans la barre d'outils sur **Captures sur fonds de plan** et activez par exemple **Point d'intersection** ou **Extrémité**.



Fig. 2.12

Si le plan du pont-cadre est généré avec le fichier DXF ou DWG comme fond de plan, ce fond de plan apparaîtra sur le plan.

Avec l'option **Nouveau point piédroit gauche**, vous pouvez introduire des points sur les segments qui forment les piédroits gauches. Le point suivant établit toujours un nouveau segment par rapport au point précédent. Vous devez donc commencer l'introduction de la géométrie par l'extrémité du mur en aile initial gauche, continuer avec les piédroits gauches des modules et terminer avec le mur en aile final gauche.

Sur la figure suivante vous pouvez observer le fond de plan en couleur bleu ciel et une première ligne qui représente la face intérieure du mur en aile initial gauche, trois lignes qui sont les faces internes des piédroits des modules et finalement la ligne de face interne du mur en aile final gauche en couleur bleue.

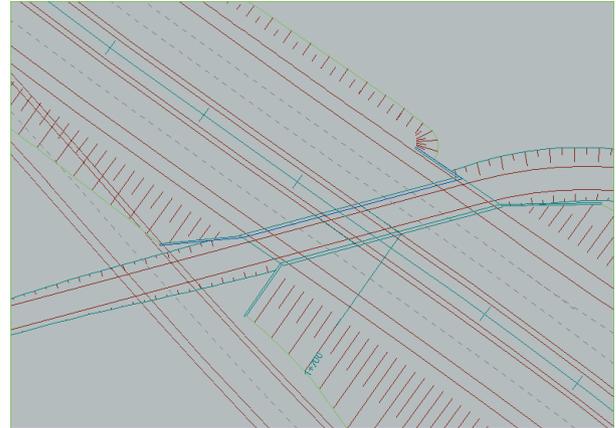


Fig. 2.13

Pour introduire le piédroit droit, utilisez l'option **Nouveau point piédroit droit**.

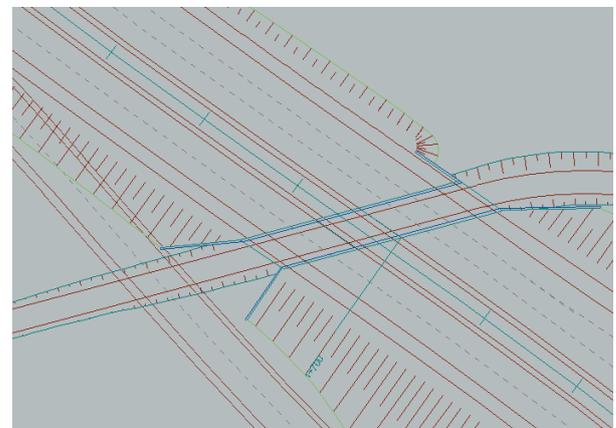


Fig. 2.14

Utilisez l'option **Nouveau joint/bord libre** pour indiquer quelles sont les faces transversales des modules. Pour cela cliquez sur un point d'un des pénétrations et reliez-le à un point du pénétration opposé. Une fois l'introduction des deux bords libres effectuée, le module correspondant est généré.

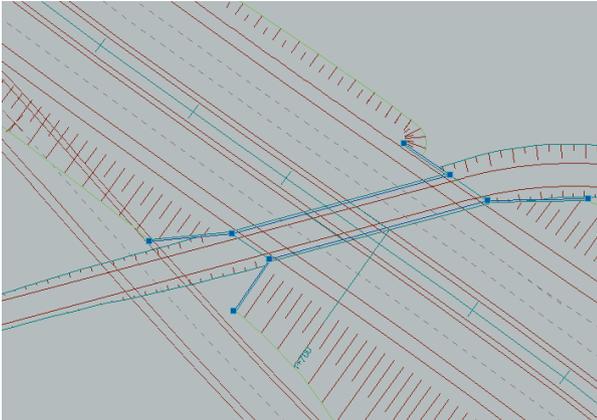


Fig. 2.15

Ci-après, introduction du premier joint.

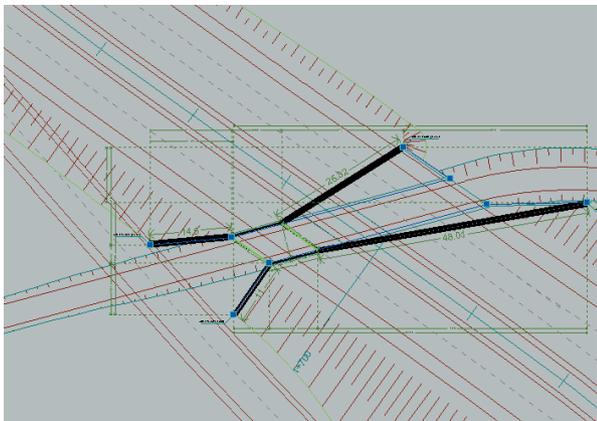


Fig. 2.16

Après l'introduction du second joint, le programme crée ensuite un module (on observe les épaisseurs des pénétrations) et les murs en aile.

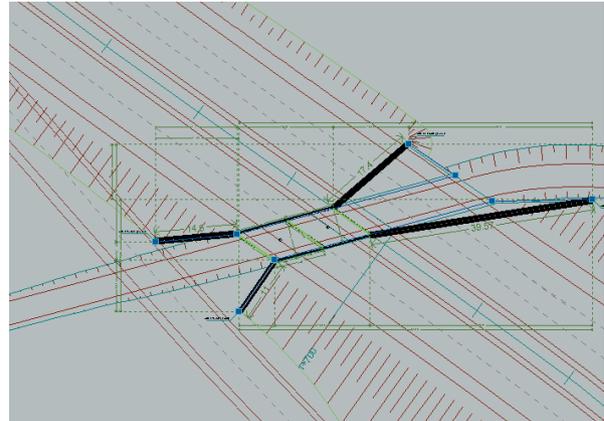


Fig. 2.17

Après l'introduction du troisième joint, le second module se crée.

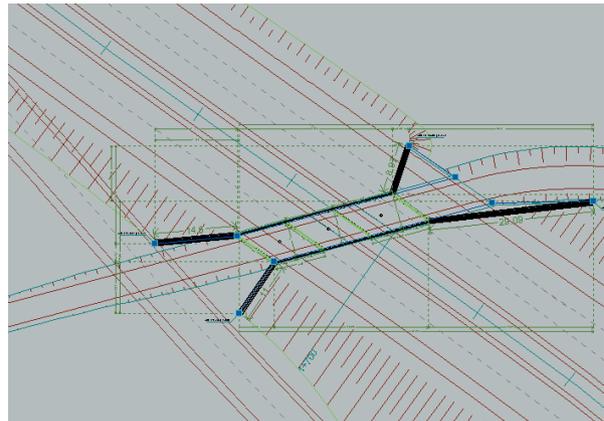


Fig. 2.18

Enfin, la mise en place du dernier bord libre termine l'introduction du projet.

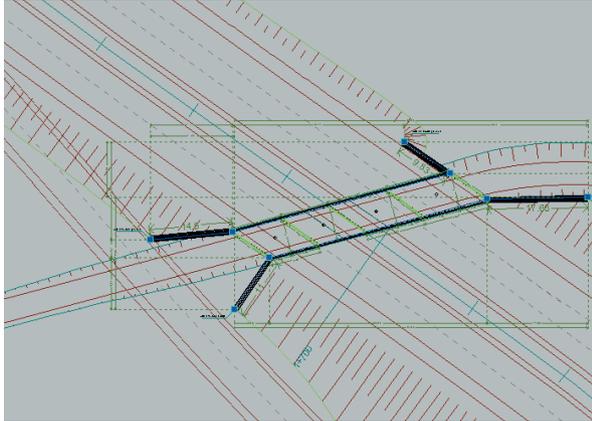


Fig. 2.19

Attention: Si vous introduisez un piedroit dans un sens et l'opposé dans l'autre sens, la génération des joints ne sera pas possible.

### 2.3. Récapitulatifs

L'obtention des listes se réalise au moyen de l'option : **Fichier > Imprimer > Récapitulatifs de l'ouvrage.**

Les récapitulatifs peuvent être imprimés (avec aperçu, ajustement, etc.) ou exportés aux formats HTML, PDF, RTF et TXT.

**Sélection de récapitulatifs**

Aperçu avant impression Configuration Imprimer Chercher Exporter Fermer

**8.- DESCRIPTION DE L'ARMATURE**

**MODULE 1**

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort	
Tablier	Supérieur	Longitudinal	Ø25c/20, patte d'ancrage=88cm		
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	Ø10c/15, patte d'ancrage=15cm	Piedroit gauche, bf = 3.00 m Central: Ø10 - Longueur=1.86 m, Patte=15 cm Final: Ø12 - Longueur=1.78 m, Patte=22 cm	Piedroit droit, bi = 2.96 m Initial: Ø12 - Longueur=1.78 m, Patte=22 c Central: Ø10 - Longueur=1.92 m, Patte=15 c
	Inférieur	Longitudinal	Ø12c/15, patte d'ancrage=42cm		
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	Ø20c/20, patte d'ancrage=23cm		
Radier	Inférieur	Longitudinal	Ø12c/20, patte d'ancrage=42cm		
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	Ø12c/20, patte d'ancrage=22cm	Piedroit gauche: Ø12 - Longueur=1.71 m, Patte=22 cm	Piedroit droit, bi = 2.96 m Central: Ø12 - Longueur=1.71 m, Patte=22 c
	Supérieur	Longitudinal	Ø12c/20, patte d'ancrage=42cm		
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	Ø12c/20, patte d'ancrage=13cm		
Piedroit gauche	Arrière	Vertical	Ø10c/20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	Renfort supérieur: Ø20 - Longueur=2.65 m, Patte=41 cm Renfort inférieur: Ø16 - Attente=0.34 m - Longueur patte d'ancrage en pied=27 cm	
		Horizontal	Ø12c/15, patte d'ancrage=42cm		
	Avant	Vertical	Ø10c/20, patte d'ancrage= - cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	Ø10 L= 1.45	
		Horizontal	Ø12c/25, patte d'ancrage=42cm		
				Renfort supérieur: Ø20	

Fig. 2.20

## 2.4. Plans

L'obtention des plans se réalise au moyen de l'option :  
**Fichier > Imprimer > Plans de l'ouvrage.**

Les opérations suivantes peuvent être réalisées pour le dessin des plans :

- La fenêtre **Sélection des plans** permet d'ajouter un ou plusieurs plans à imprimer simultanément et spécifier le périphérique de sortie : imprimante, plotter, DXF ou DWG ; de sélectionner un cartouche (de **CYPE** ou tout autre défini par l'utilisateur) et de configurer les calques.

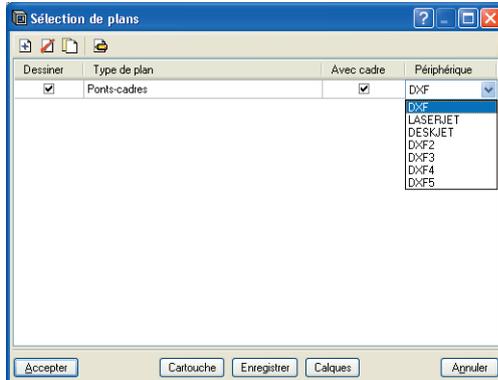


Fig. 2.21

- Dans chaque plan, configurez les éléments à imprimer.

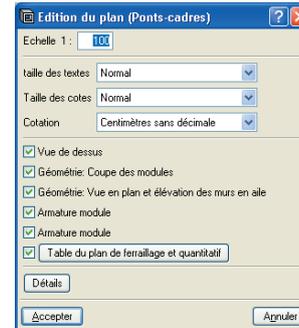


Fig. 2.22

- Modifiez la position du texte.

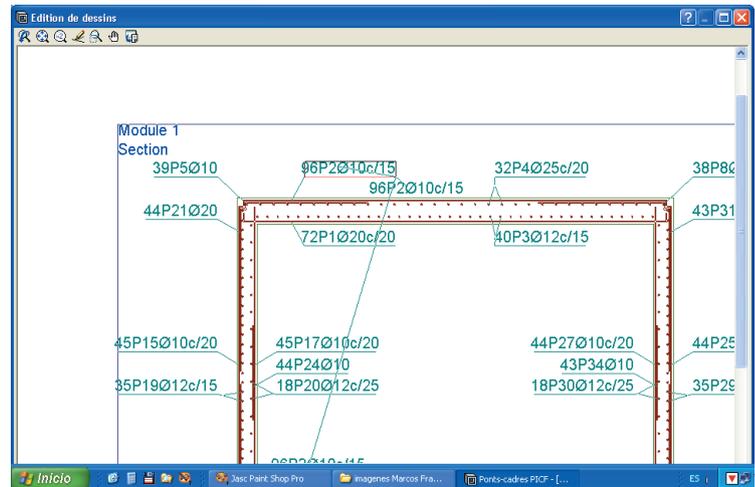


Fig. 2.23

- Déplacer les objets dans le même plan ou vers un autre plan.

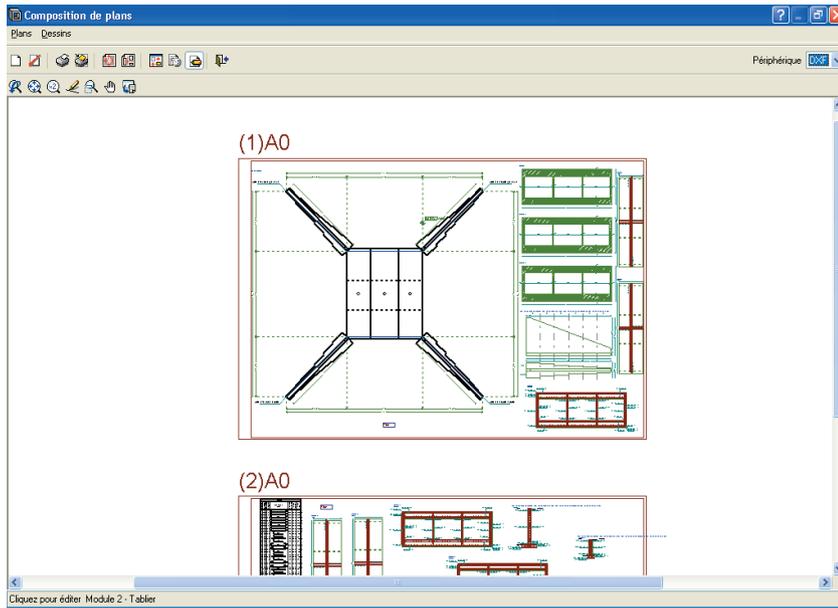


Fig. 2.24