














# I FBWIN 5.3

# Table des Matières

<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
REMARQUES GENERALES.....	1
MENU DE DEMARRAGE.....	3
<b>2 INTERFACE UTILISATEUR .....</b>	<b>4</b>
FENÊTRE DE PROGRAMME .....	4
BARRE DE MENUS .....	5
FICHER.....	5
MODIFIER.....	7
OPTIONS .....	17
RESULTATS .....	18
BARRE D'OUTILS.....	18
NOUVEAU  .....	18
OUVRIR  .....	19
IMPRIMER  .....	19
ENREGISTRER  .....	19
ENREGISTRER SOUS ...  .....	19
ZOOM  .....	19
FENETRE DE ZOOM  .....	19
ZOOM ARRIERE  .....	19
ANNULER  .....	20
RETABLIR  .....	20
LISTING  .....	20
LISTING AVEC INTERACTION- M/V  .....	21
LISTE DE MESSAGES  .....	21
<b>3 THEORIE ET RESULTATS .....</b>	<b>23</b>
Généralités.....	23
Données .....	23
Contrôle des données.....	23
Géométrie de la section .....	23
Charges.....	24
Contrôle des élancements .....	24
Coefficients de sécurité .....	24
Etat limite ultime (ELU) .....	24
Semelle inférieure.....	24

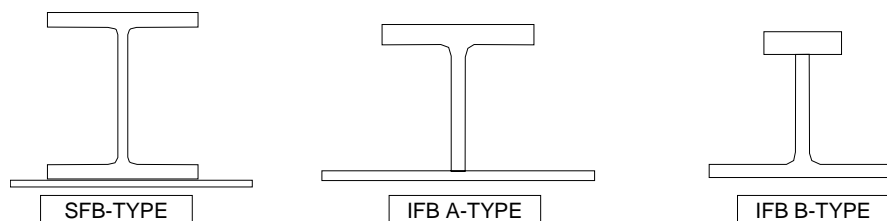
Poutre réduite.....	25
<b>Etat limite de service (ELS) .....</b>	<b>26</b>
Flèche de la semelle inférieure .....	26
Flèche de la poutre.....	27
Fréquence propre de la poutre .....	27
<b>Dimensionnement de la soudure.....</b>	<b>28</b>
<b>Dimensionnement de l'assemblage poutre-poteau.....</b>	<b>28</b>
<b>Interaction M/V .....</b>	<b>29</b>
<b>Ancrage des poutres de rive contre la torsion .....</b>	<b>29</b>
<b>ANNEXE : EXEMPLES.....</b>	<b>31</b>
<b>Exemple 1: Poutre type / Chargement symétrique Type IFB-A.....</b>	<b>31</b>
<b>Exemple 2: Poutre type / Chargement asymétrique Type SFB .....</b>	<b>35</b>
<b>Exemple 3: Poutre de rive.....</b>	<b>39</b>

# 1 Introduction

---

## REMARQUES GENERALES

Le logiciel **IFBWIN** a été développé pour le dimensionnement de poutres intégrées **IFB (Integrated Floor Beam)**, reconstituées à partir d'un demi-profilé laminé et d'une tôle soudée comme semelle inférieure ou supérieure. Seule les poutres isostatiques sont considérées. Le logiciel permet un dimensionnement selon l'EUROCODE 3 ou la DIN 18800. Depuis la version 4.0, le logiciel IFB permet également le dimensionnement de poutres à talon **SFB (Slim Floor Beam)**, qui se composent d'une section laminée en H entière avec une tôle soudée en dessous comme support de la dalle.



Quoique les différents calculs effectués par le logiciel ne soient pas très complexes, la compréhension de l'ensemble de la théorie des poutres intégrées ainsi que l'interprétation des résultats obtenus, peuvent donner lieu à confusion chez un utilisateur non averti. C'est pourquoi le présent manuel essaiera de donner des réponses à toutes sortes de questions et d'éclaircir les problèmes éventuels d'interprétation des résultats.

### **Avertissement:**

#### **AVERTISSEMENT !**

Le présent logiciel facilite les travaux d'étude préliminaires dans le cadre de la conception de constructions métalliques. Sur base de méthodes de calcul selon les principes des normes appliquées, il permet d'effectuer un certain nombre de vérifications dans le but de pouvoir évaluer une solution dans le cadre d'un pré dimensionnement. Le logiciel ne permet pas d'analyser toutes les situations et d'effectuer d'une façon exhaustive tous les calculs justificatifs requis pour une étude d'exécution qui nécessite dans tous les cas le recours au conseil d'un Bureau d'Etudes.

En raison de la complexité des méthodes de calcul, ce logiciel s'adresse exclusivement à des utilisateurs professionnels du domaine de la construction métallique (qui sont à même de se faire une idée précise de ses possibilités, de ses limites et de son adéquation aux différents cas

d'applications pratiques). L'utilisateur l'utilisera donc sous sa propre responsabilité et à ses risques et périls.

Ce logiciel est mis à disposition à titre gratuit. Aucun droit n'est conféré à l'utilisateur du présent logiciel dont la propriété et tous droits intellectuels continuent à appartenir exclusivement à ARCELOR SECTIONS COMMERCIAL S.A. (ou selon le cas à la société du Groupe ARCELOR propriétaire des droits). L'utilisation de ce logiciel ne fait naître aucune obligation de garantie au bénéfice de l'utilisateur, qui s'engage à tenir ARCELOR SECTIONS COMMERCIAL S.A. quitte et indemne de tout recours et de tous préjudices directs et/ou indirects découlant notamment d'une utilisation incorrecte ou inappropriée ou d'une utilisation à des fins inadéquates ou inappropriées.

EN APPUYANT SUR LA TOUCHE " ACCEPTER " CI-DESSOUS, L'UTILISATEUR DECLARE EXPRESSEMENT AVOIR LU ATTENTIVEMENT LE TEXTE FIGURANT CI-DESSUS ET EN ACCEPTER TOUS LES EFFETS JURIDIQUES ET OBLIGATIONS QUI EN DECOULENT POUR LUI.

## MENU DE DEMARRAGE

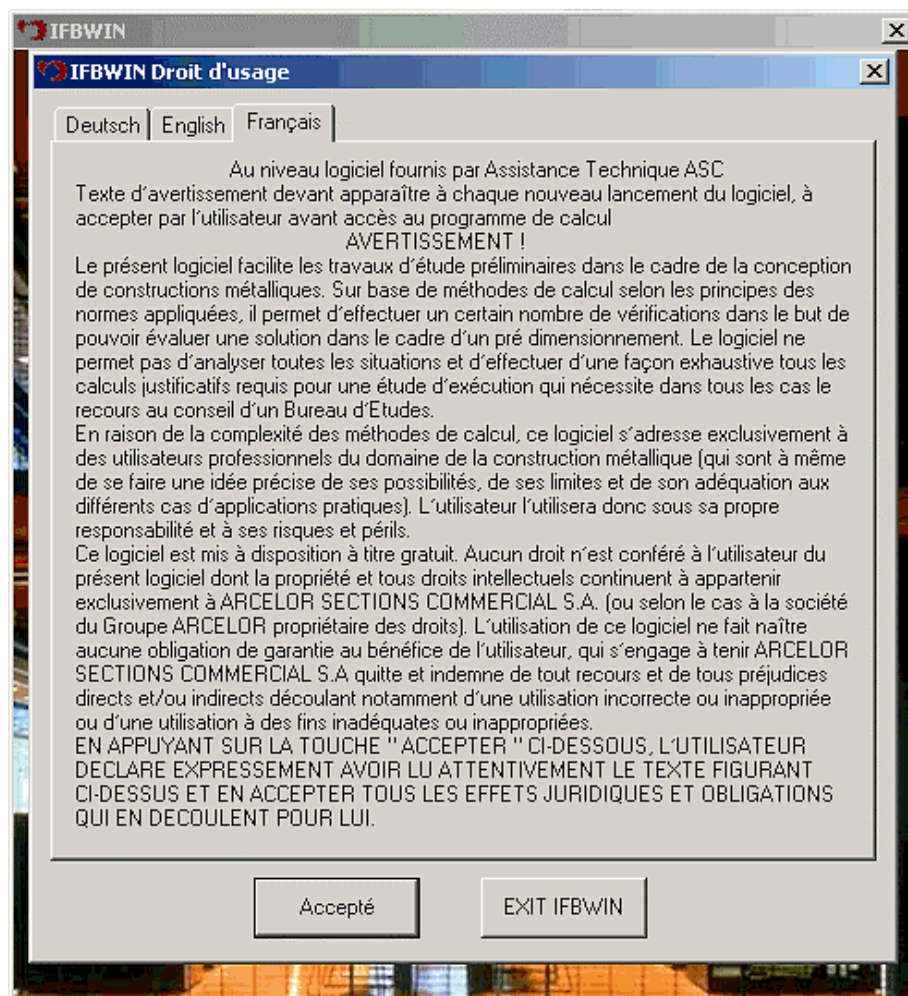


Image 1.1 Menu de démarrage

Le programme ne peut être lancé que si ses conditions d'utilisation sont acceptées.

## 2 INTERFACE UTILISATEUR

### FENÊTRE DE PROGRAMME

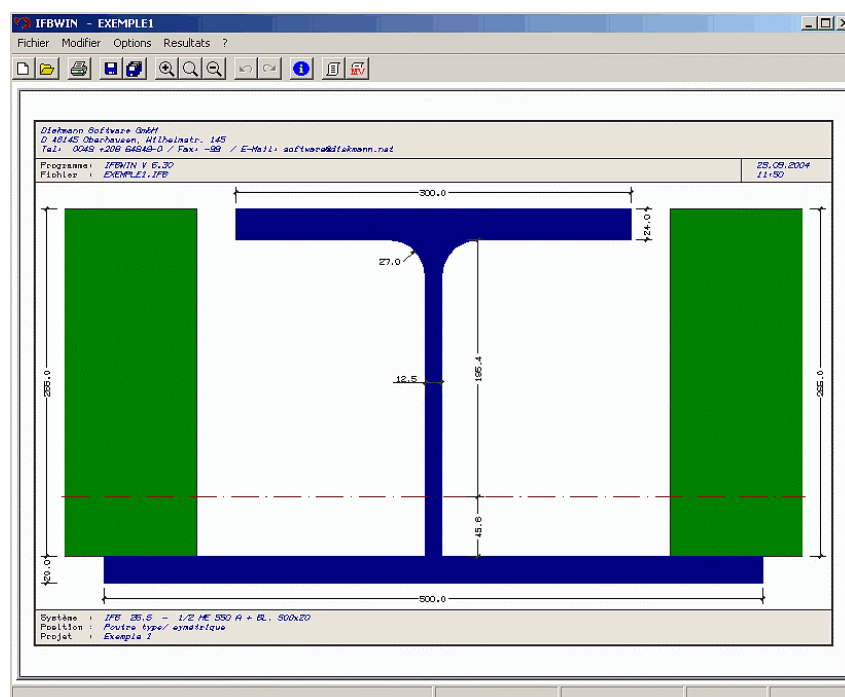


Image 2.1 Fenêtre de programme

## BARRE DE MENUS

### FICHIER

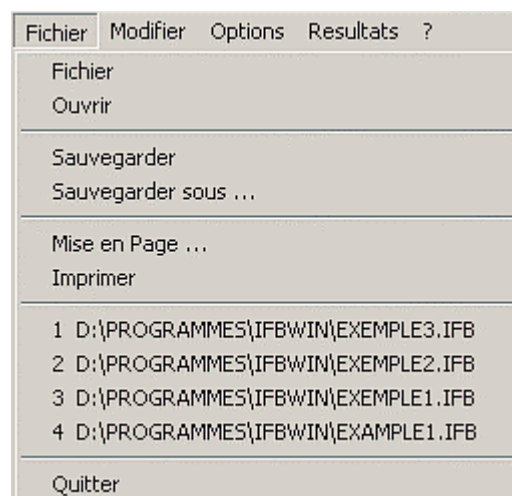


Image 2.2 Menu déroulant "Fichier"

#### ***Fichier***

Cette fonction ouvre un nouveau projet nommé: "UNNAMED.IFB".

#### ***Ouvrir***

Cette fonction ouvre les fichiers IFBWIN à l'aide du navigateur de fichiers. Les fichiers ont l'extension « IFB ».

#### ***Sauvegarder***

Cette option sauvegarde les résultats obtenus lors de la dernière itération dans un fichier de résultats dénommé "nom.IFB". Le fichier est créé dans le répertoire de travail courant, sans mettre fin au programme. "Nom" est le nom du projet courant (indiqué dans l'en-tête de la fenêtre de programme). Si un fichier de résultats du même nom existe déjà, ce dernier sera écrasé sans message préalable. Il est dès lors très important de prêter attention aux noms donnés aux fichiers.

#### ***Sauvegarder sous ...***

Cette option sauvegarde, à l'aide du gestionnaire de fichiers, les résultats obtenus lors de la dernière itération dans un fichier de résultats sans mettre fin au programme. Le nom courant du fichier devient le nouveau nom attribué par l'utilisateur (se référer à l'en-tête de la fenêtre de programme).

#### ***Imprimer***

Cette commande imprime l'image de la fenêtre principale en utilisant les paramètres courants de l'imprimante sans afficher de boîte de dialogue.

Pour sélectionner une imprimante, se référer au paragraphe "Mise en page".



## Mise en page

Avec cette option il est possible de configurer la mise en page pour les sorties graphiques.

Le bouton **{Imprimante}** sélectionne une fenêtre de configuration d'imprimante.

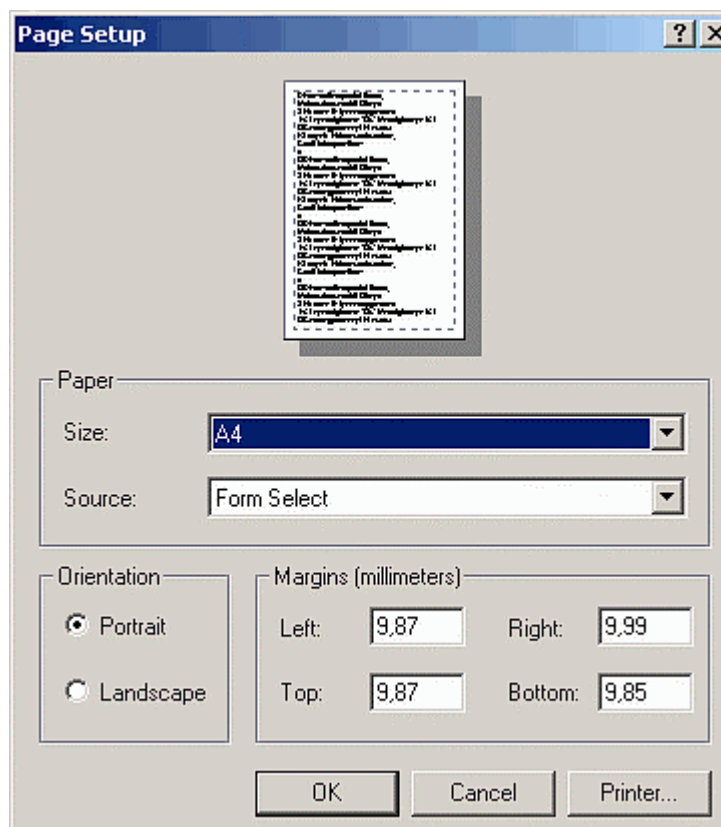


Image 2.3 Mise en page

## Derniers fichiers utilisés

Listing des quatre derniers fichiers utilisés.

## Quitter

Cette option ferme le programme. S'il y a eu des modifications, le programme vous interroge avant de sauvegarder les modifications.

## MODIFIER

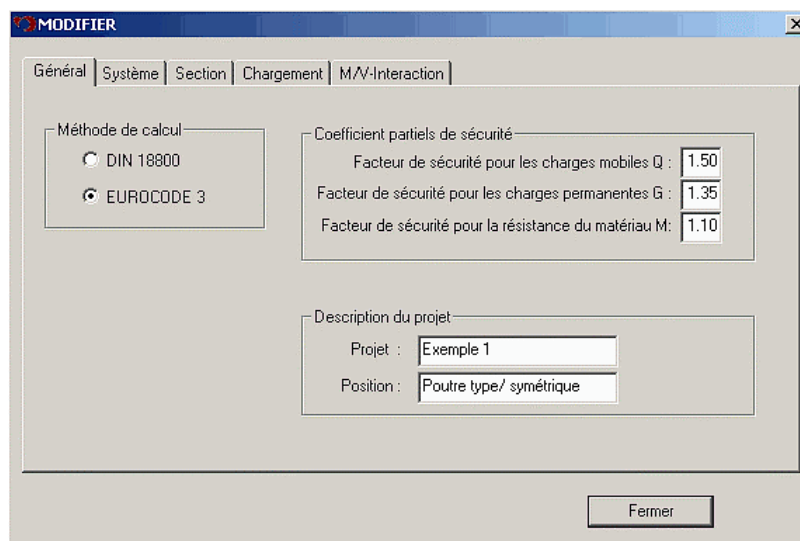


Image 2.4 Modifier / Général

### Paramètres généraux

#### Norme à utiliser

Dimensionnement selon

*DIN 18800* ou

*EUROCODE 3*

#### Coefficients de sécurité

Ces paramètres correspondent aux valeurs des coefficients partiels de sécurité pour la surcharge (sQ), la charge permanente (sG) et la résistance du matériau (sM) de l'Eurocode 3 ou de la DIN suivant la norme choisie. Le programme propose par défaut de garder les valeurs telles quelles.

<i>Coefficient de sécurité / surcharge Q</i>	<i>: 1.5</i>
<i>Coefficient de sécurité / charge permanente G</i>	<i>: 1.35</i>
<i>Coefficient de sécurité / matériau</i>	<i>: 1.1</i>

#### Remarque 1

Si vous modifiez un coefficient partiel de sécurité, il faut pouvoir justifier votre choix!

#### Remarque 2

Une seule action variable peut être prise en compte. Si plusieurs actions variables avec des coefficients de sécurité différents agissent simultanément (par exemple la charge utile et la neige), il existe une possibilité de calcul par l'intermédiaire de l'interaction M/V décrite plus loin.

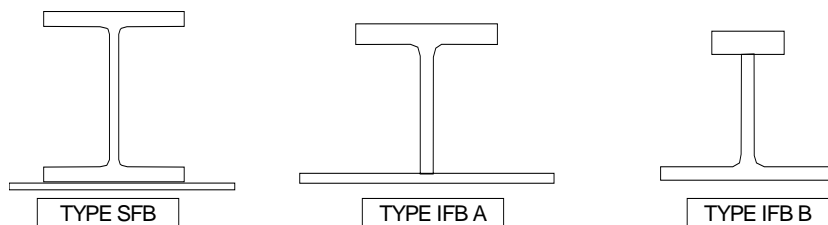
#### Description du projet

Ici, l'utilisateur peut indiquer des informations spécifiques au projet telles que son nom et sa position. Ces indications font partie du fichier de résultats.

## Paramètres du système

### Type de section

Depuis la version 4.0, il est possible de choisir entre des sections IFB ou SFB.



- Type IFB- A:** demi -profilé laminé avec une tôle soudée comme semelle inférieure
- Type IFB- B:** demi-profilé laminé avec une tôle soudée comme semelle supérieure
- Type SFB:** section entière laminée en H avec une tôle soudée en dessous comme support de la dalle

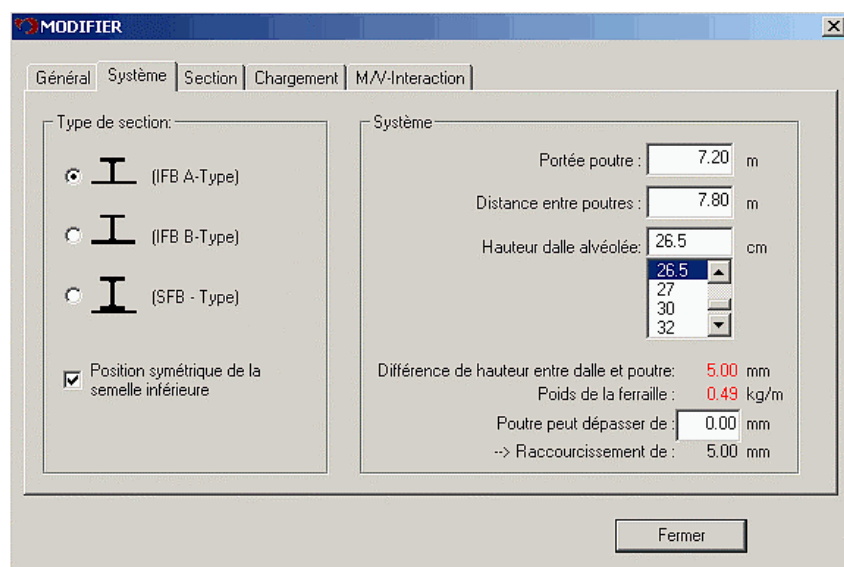


Image 2.5 Modifier / Système

### Position asymétrique de la semelle inférieure

Une section **asymétrique**, c'est-à-dire du type IFB A avec une position asymétrique de la semelle inférieure (voir image 2.6), peut être une **poutre de rive** par exemple. Dans ce cas, un chargement asymétrique est obligatoire.

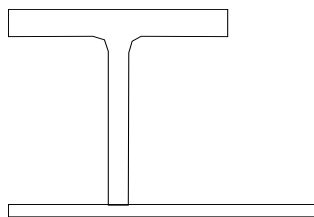


Image 2.6 Type IFB A avec position asymétrique de la semelle inférieure

#### Remarque

Dans ce cas, la partie gauche de la tôle est toujours alignée avec la partie gauche de la semelle supérieure. La largeur de la tôle devrait être choisie de façon à être environ 10 cm plus large que la semelle supérieure.

Les poutres de rive IFB doivent toujours être ancrées à la dalle afin d'éviter des problèmes de torsion.

### Portée de la poutre

La portée de la poutre est définie en mètres. Le logiciel calcule uniquement des poutres isostatiques (poutre sur deux appuis avec articulations aux supports). En général, la portée de la poutre est définie comme la distance entre les axes et non la distance entre les semelles de colonnes.

Pour des trames rectangulaires, le fait de choisir la grande portée pour les éléments en béton et la petite portée pour les poutres métalliques, augmente la rentabilité du système. En pratique, les portées des poutres métalliques varient entre 4 m et 8.4 m. Des portées inférieures à 4 m ne sont guère économiques, tandis qu'au-dessus de 8.4 m, la résistance des éléments n'est plus déterminante mais bien leur inertie à cause des problèmes de flèche et de fréquence propre. Or, il est à noter que suite à la hauteur limitée de la poutre, l'inertie ne peut être augmentée de manière significative même en prenant en compte une consommation d'acier fortement accrue.

### Distance entre poutres

La distance entre poutres n'est importante que seulement pour des chargements symétriques.

### Épaisseur de dalle alvéolée

Le programme indique les épaisseurs courantes disponibles sur le marché : 15,18,20,25,26,26.5,27,30,32,40 <cm>?

L'utilisateur peut néanmoins choisir n'importe quelle épaisseur, en fonction des possibilités de livraison de son fournisseur de dalles ou par exemple de l'épaisseur d'une dalle de béton coulée en place.

Pour les dimensions préférentielles, le programme propose un poids mort correspondant à la valeur moyenne des principaux produits disponibles.

### Différence de hauteur entre dalle et poutre

Si la hauteur de la section IFB est plus grande que la hauteur de la dalle alvéolée de telle sorte que la semelle supérieure se situe dans la chape (par exemple une dalle alvéolée de 27 cm et une section IFB basée sur une section d'un demi IPE 600), le programme donne la hauteur (colorée en **rouge**) dont l'âme doit être raccourcie afin d'obtenir les mêmes

hauteurs pour la poutre et la dalle, ainsi que le poids de la chute correspondant à ce raccourcissement.

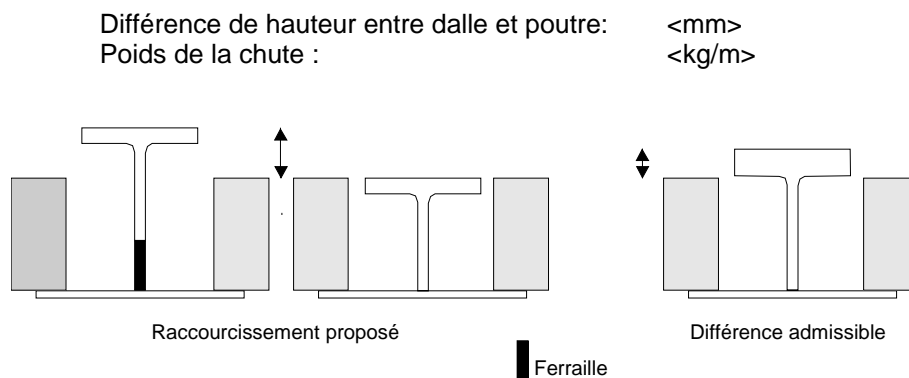


Image 2.7 Type IFB A avec position symétrique de la semelle inférieure

A cet endroit, un *dépassement admissible de la poutre vis à vis des hourdis* <mm> peut être donné. Le dépassement de la poutre par rapport à la dalle doit être décidé et choisi par l'utilisateur. La différence maximale est obtenue sans raccourcissement puisque la poutre ne peut être allongée. Néanmoins la différence admissible peut devenir négative. Le côté supérieur de la poutre est alors localisé plus profondément que le côté supérieur de la dalle

#### Remarque

Une différence positive d'au maximum 10 mm est généralement acceptable. Il faut néanmoins s'assurer que l'épaisseur de la chape reste suffisante et que la mise en place d'armatures éventuelles et d'installations ne soit pas obstruée.

### Paramètres de section

Lorsqu'une section laminée standard est utilisée, les sections **IFB** seront coupées en deux parts égales et peuvent être assemblées de deux manières:

Section T + tôle comme semelle inférieure (**Type A**) ou

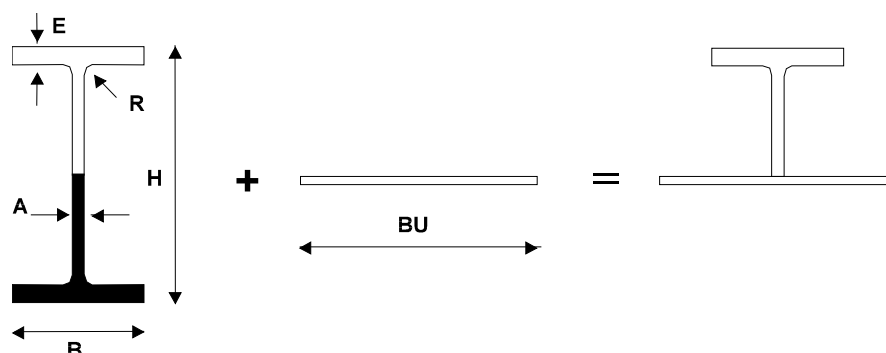
Section T renversée + tôle comme semelle supérieure (**Type B**).

Pour les poutres **SFB** la section laminée ne sera pas coupée mais sera utilisée entièrement. Il n'y a donc pas de problème de la chute. L'utilisateur doit prêter attention dès le départ à ce que la hauteur de la poutre et de la dalle soient plus ou moins identiques.

### Section standard à large semelle

IFBWIN propose à l'utilisateur les sections laminées IPE, HE, HD et HP du catalogue d'Arcelor Sections Commercial.

Les différents paramètres sont représentés sur le dessin suivant.



<i>Hauteur de section</i>	<i>H</i>	<i>&lt;mm&gt; ?</i>
<i>Largeur de section</i>	<i>B</i>	<i>&lt;mm&gt; ?</i>
<i>Epaisseur d'âme</i>	<i>A</i>	<i>&lt;mm&gt; ?</i>
<i>Epaisseur de la semelle supérieure</i>	<i>E</i>	<i>&lt;mm&gt; ?</i>
<i>Rayon du congé (section laminée)</i>	<i>R</i>	<i>&lt;mm&gt; ?</i>
<i>Largeur de la tôle</i>	<i>BU</i>	<i>&lt;mm&gt; ?</i>

La case "HISTAR- Profil" indique si la section est disponible en qualité HISTAR.

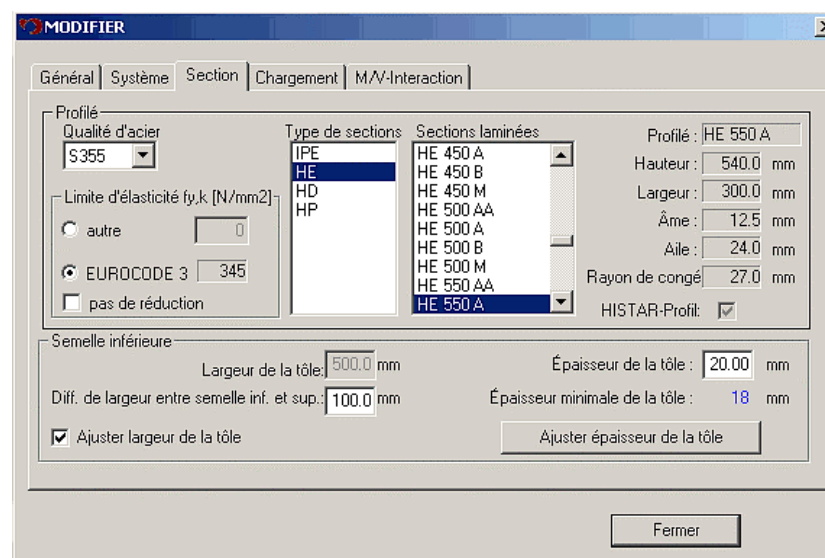


Image 2.8 Modifier / Section

## Qualité d'acier

Les qualités d'acier considérées actuellement pour les profilés et les tôles sont:

S235 (EN 10025)

S275 (EN 10025)

S355 (EN 10025)

S420 (EN 10113)

S460 (EN 10113)

Le programme réduit automatiquement la limite d'élasticité selon l'épaisseur maximale de la tôle (se référer au tableau de l'EUROCODE). Néanmoins, l'utilisateur a la possibilité de désactiver la réduction de la limite d'élasticité à l'aide de la case à cocher "**pas de réduction**" (s'il utilise, par exemple, des sections en acier de qualité HISTAR).

Il a également la possibilité de définir lui-même la limite d'élasticité en activant la case à cocher "**autre**". Cette option doit être utilisée très prudemment.

Standard	Qualité d'acier	Limite d'élasticité					
		Epaisseur maximale					
		≤ 16	> 16	> 40	> 63	> 80	> 100
			≤ 40	≤ 63	≤ 80	≤ 100	≤ 150
EN 10025	S 235	235	225	215	215	215	195
EN 10025	S 275	275	265	255	245	235	225
EN 10025	S 355	355	345	335	325	315	295
EN 10113	S 420	420	400	390			
EN 10113	S 460	460	440	430			

## Semelle inférieure

### Largeur de la semelle inférieure

En général, la semelle inférieure doit être environ 200 mm plus large que la semelle supérieure pour des poutres intérieures (environ 100 mm pour des poutres de rive).

Si l'option **Ajuster largeur de la tôle** est activée, la largeur de la semelle inférieure devient automatiquement plus large de 200 mm pour les sections IFB-A et SFB, ou alors c'est la largeur de la semelle supérieure qui devient automatiquement plus petite que la semelle inférieure pour les sections de type IFB-B.

Si l'option **Ajuster la largeur de la tôle** n'est pas activée, la **largeur de la tôle** doit être définie par l'utilisateur.

## Epaisseur de la semelle inférieure

Une fois que toutes les données sont introduites, IFBWIN réalise un pré-dimensionnement de la semelle inférieure ou supérieure.

Pour une section de type A, ce pré-dimensionnement d'épaisseur minimale est basé sur une vérification élastique uni-axiale sous flexion transversale ainsi que sur un contrôle de la flèche. Lors de la réalisation des calculs, le programme réalise un dimensionnement plastique de la section, dans lequel l'interaction entre la flexion longitudinale de la poutre et la flexion transversale de la semelle inférieure est prise en compte. Cette procédure est itérative. Si aucun équilibre de forces n'est possible dans la section, l'épaisseur de la semelle inférieure est automatiquement augmenté par incrément d'un mm jusqu'à atteindre l'équilibre requis.

Pour les sections SFB, la semelle inférieure de la section laminée est contrôlée, en plus du pré-dimensionnement de la tôle inférieure. Pour le type SFB, l'axe neutre plastique peut se déplacer jusqu'à la semelle inférieure de la poutre mais pas jusque dans la tôle soudée.

Pour l'épaisseur de la semelle supérieure des sections de type B, le programme propose une valeur par défaut qui rend la surface de la semelle inférieure et de la semelle supérieure plus ou moins égales. Lors de l'utilisation de petites semelles supérieures, cela peut conduire à des tôles très épaisses. L'utilisateur devrait dès lors essayer dans ce cas des tôles plus minces, déplaçant ainsi l'axe neutre vers la semelle inférieure.

Si l'**Epaisseur de la tôle** est plus faible que l'épaisseur minimale de tôle, la valeur de l'épaisseur minimale est colorée en rouge.

Avec le bouton **Ajuster épaisseur de la tôle** l'épaisseur de la tôle (par demi-centimètre) peut être ajustée à l'épaisseur minimale de tôle.

## Données de chargement

Seules des charges linéiques uniformes sur toute la portée sont prises en compte. Les charges triangulaires, trapézoïdales et autres charges distribuées, ainsi que les charges concentrées ne sont pas prises en compte. Si la trame est régulière et dès lors que la poutre est chargée symétriquement, l'utilisateur peut entrer ses charges en tant que charges de surface qui sont converties en interne par le programme en charges linéiques.

## Chargement symétrique

Le chargement symétrique est le cas le plus simple. Pour les unités on devra entrer : la distance entre poutres en mètres, la surcharge mobile en kN/m<sup>2</sup> et la charge permanente (sans le poids mort de la dalle alvéolée, mais avec l'éventuel poids mort d'une chape de structure ) en kN/m<sup>2</sup>. Ces charges sont des charges de service qui sont multipliées par le programme par les coefficients de sécurité.

<i>Surcharge mobile</i>	<i>&lt;kN/m2&gt;?</i>
<i>Charge permanente (sans dalle alvéolée)</i>	<i>&lt;kN/m2&gt;?</i>
<i>Poids mort de la dalle alvéolée</i>	<i>&lt;kN/m2&gt;?</i>

Pour les hauteurs préférentielles (voir « paramètres du système »), le programme propose un poids mort correspondant à une valeur moyenne des principaux produits disponibles. Cette valeur par défaut peut être modifiée par l'utilisateur. Si la hauteur retenue n'est pas une valeur



préférentielle, la valeur par défaut est de zéro et vous devez introduire le poids réel.

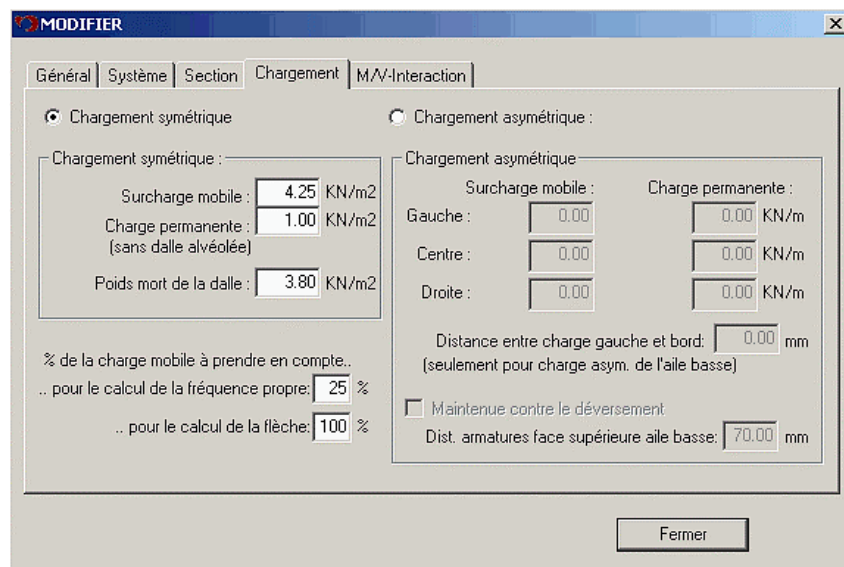


Image 2.9 Modifier / Chargement

#### Remarque 1

Le poids de la poutre en acier ainsi que celui du béton de remplissage entre la poutre et la dalle sont ajoutés automatiquement par le programme.

#### Remarque 2

La hauteur et le poids de la dalle doivent toujours être supérieurs à zéro, sinon le programme s'interrompt.

#### Remarque 3

Les valeurs par défaut données pour le poids mort sont suffisantes pour un prédimensionnement. Pour un dimensionnement définitif, le vrai poids repris dans les données du fournisseur devrait être utilisé, si il est connu. Si ce n'est pas le cas, utilisez la valeur maximale des fournisseurs régionaux.

#### Remarque 4

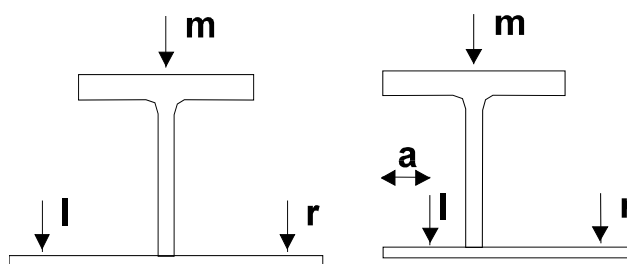
Le poids mort des dalles alvéolées prend toujours en compte le poids du bétonnage des joints mais jamais le poids d'une éventuelle chape de structure.

## Chargement asymétrique

Un chargement asymétrique correspond soit à une poutre de rive, soit à une poutre intérieure avec des distances différentes entre poutres voisines. Ce type de données de chargement peut également être utilisé pour spécifier une charge linéique centrée sur la poutre qui n'est pas appliquée par la semelle inférieure mais directement à la poutre (mur de séparation sur une poutre par exemple) étant donné que l'option « chargement symétrique » considère que toutes les charges sont introduites par la semelle inférieure.

Pour dimensionner une poutre de rive, se référer au chapitre « paramètres du système » (position asymétrique de la semelle inférieure).

Les différentes charges sont à introduire suivant le schéma ci-dessous.



section transversale symétrique

section transversale asymétrique

## Chargement

*Surcharge mobile de gauche  $P_l$*   $<kN/m> ?$   
*Surcharge mobile au centre  $P_c$*   $<kN/m> ?$   
*Surcharge mobile de droite  $P_r$*   $<kN/m> ?$   
*Charge permanente de gauche  $G_l$  (avec dalle alvéolée)*  $<kN/m> ?$   
*Charge permanente au centre  $G_c$  (avec dalle alvéolée)*  $<kN/m> ?$   
*Charge permanente de droite  $G_r$  (avec dalle alvéolée)*  $<kN/m> ?$

### Remarques

Pour un chargement asymétrique, le poids des dalles alvéolées doit toujours être ajouté aux charges permanentes. Il n'y a pas d'entrée spécifique pour ceci.

Néanmoins, les coefficients de sécurité ne doivent pas être inclus.

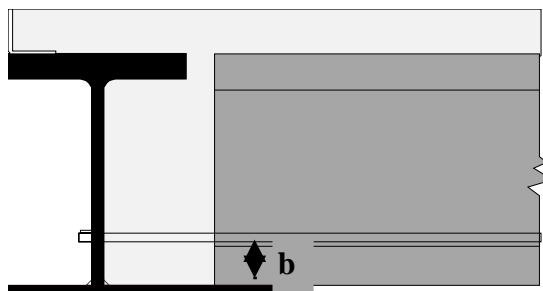
Le programme ajoute automatiquement le poids de la poutre. Le poids du béton de remplissage doit être pris en compte par l'utilisateur. Il est généralement suffisant d'utiliser le poids de la dalle, considéré d'axe de poutre à axe de poutre, et de ne pas considérer le béton de remplissage.

## Distance entre charge gauche et bord

En cas de position asymétrique de la semelle inférieure, le programme demande la *distance entre charge gauche et bord*  $a$   $<mm> ?$ .

## Maintien de la poutre de rive

Les poutres de rives sont, en conditions de service, chargées de manière asymétrique et sont ainsi sollicitées par un moment de torsion. Ce type de sollicitations peut être calculé d'une façon relativement complexe qui conduit surtout à un renforcement de la poutre, en particulier pour les sections IFB dont l'inertie de torsion est plutôt faible. Les économies sont dès lors réduites. Une solution simplifiée consiste à empêcher la torsion dès le départ, en créant une collaboration entre l'acier et le béton comme l'indique le schéma suivant. Cette méthode procure de bons résultats en pratique.



Dans ce système, la semelle supérieure de la poutre pousse de manière continue contre le béton, conduisant ainsi à de très petites contraintes dans le béton. La partie inférieure de la poutre sera néanmoins maintenue par des barres filetées tout les 1.2 ou 0.6 mètres dans les éléments de la dalle, selon la force d'ancrage. Le côté chargé de la poutre doit être étayé jusqu'à ce que la résistance complète du béton soit atteinte. Si le calcul de cette armature est demandé, il faut définir les paramètres suivants

*Distance  $b$  entre l'armature et la face sup. de la semelle inf. <mm> ?*

pour des sections IFB ou

*Distance  $b$  entre l'armature et la face supérieure de la tôle <mm> ?*

pour des sections SFB. La valeur par défaut est de 70 mm.

## Pourcentage de surcharge mobile

Pour la vérification de l'état de service, le programme doit connaître le pourcentage de surcharge mobile à prendre en compte pour le calcul de la flèche et de la fréquence naturelle. Les valeurs par défaut sont égales à 25% pour la fréquence et 100% pour la flèche.

*Pourcentage de surcharge mobile à prendre en compte pour*

*le calcul de la fréquence naturelle <%>?*

*le calcul de la flèche <%>?*

## Remarques

Actuellement, même dans des bâtiments de bureaux standards, les surcharges mobiles nécessaires deviennent de plus en plus importantes (500 kg/m<sup>2</sup> et plus). Ceci est surtout dû au fait que, lors de la phase de conception et même de construction, l'usage final du bâtiment est très souvent encore inconnu ou que l'investisseur ou propriétaire souhaite garder une flexibilité totale pour une modification ultérieure de l'usage. Dans la réalité néanmoins, les charges spécifiées ne seront très probablement jamais atteintes (sauf pour des surfaces d'archives ou d'entrepôt). Il ne serait donc pas sensé de déterminer la flèche en conditions de service sous ce haut niveau de charge, étant donné que, très souvent, la flèche gouvernera l'ensemble du dimensionnement au désavantage de la rentabilité. Il est donc recommandé de réduire la surcharge mobile pour le contrôle de la flèche lorsqu'elle excède 500 kg/m<sup>2</sup>.

De la même manière, il est très difficile d'exciter une structure entièrement remplie. Dès lors, le programme autorise une surcharge mobile réduite pour le calcul de la fréquence naturelle. La valeur par défaut est de 25%, ce qui semble être acceptable dans la plupart des cas. Pour des surcharges mobiles inférieures ou égales à 200 kg/m<sup>2</sup>, cette valeur devrait être augmentée à 50%; au delà de 500 kg/m<sup>2</sup>, elle peut être réduite à 10%.

## Interaction M/V

Cette option donne la possibilité de prendre en compte les charges concentrées, ce qui n'est pas possible dans le programme principal, vu que cela conduit à une interaction entre l'effort de cisaillement V et le moment M. L'utilisateur doit calculer les efforts de calcul Md et Vd manuellement ou les obtenir d'un outil de calcul statique extérieur. Le programme IFB vérifie l'interaction entre les deux sollicitations.

Interaction selon

**RUBIN** Lors d'un dimensionnement selon la DIN 18800  
**EUROCODE 3** Lors d'un dimensionnement selon EUROCODE 3

Les deux modèles sont similaires. Alors que le modèle RUBIN consacre une partie de l'aire de l'âme uniquement à la résistance en cisaillement, le modèle EUROCODE considère une limite d'élasticité réduite de l'âme. Chacune des procédures mène à un moment plastique réduit qui doit être comparé au moment de calcul. Le ratio  **$Md/M_{pl,d,red}$**  doit rester inférieur ou égal à 1.0 et l'axe neutre plastique ne peut être déplacé dans la semelle supérieure ou inférieure.

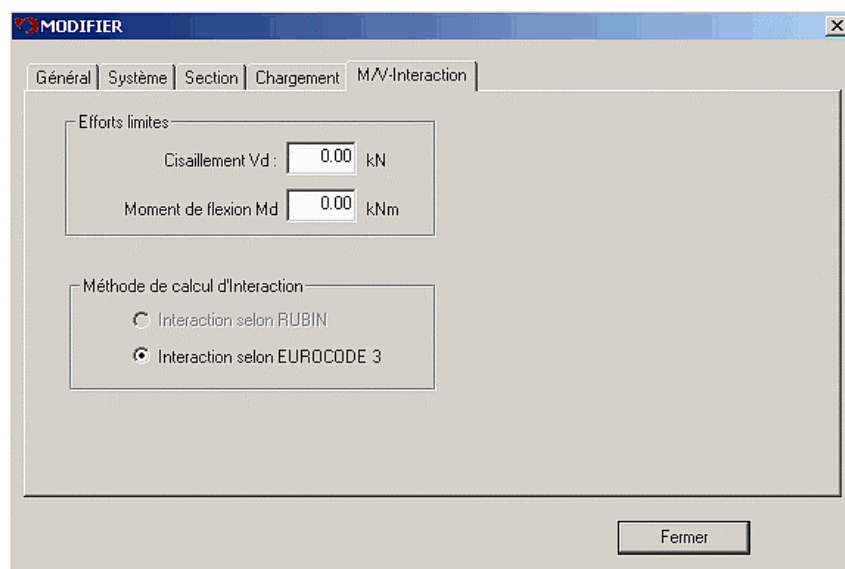


Image 2.10 Modifier / M/V-Interaction

## OPTIONS

### Anglais

Avec cette option, le programme utilise l'anglais pour les données d'entrée et de sortie.

### Français

Avec cette option, le programme utilise le français pour les données d'entrée et de sortie.

### Allemand

Avec cette option, le programme utilise l'allemand pour les données d'entrée et de sortie.

## Paramètres

Cette fonction ouvre la boîte de dialogue "Paramètres", où l'introduction des options pour les différents projets est réalisée.

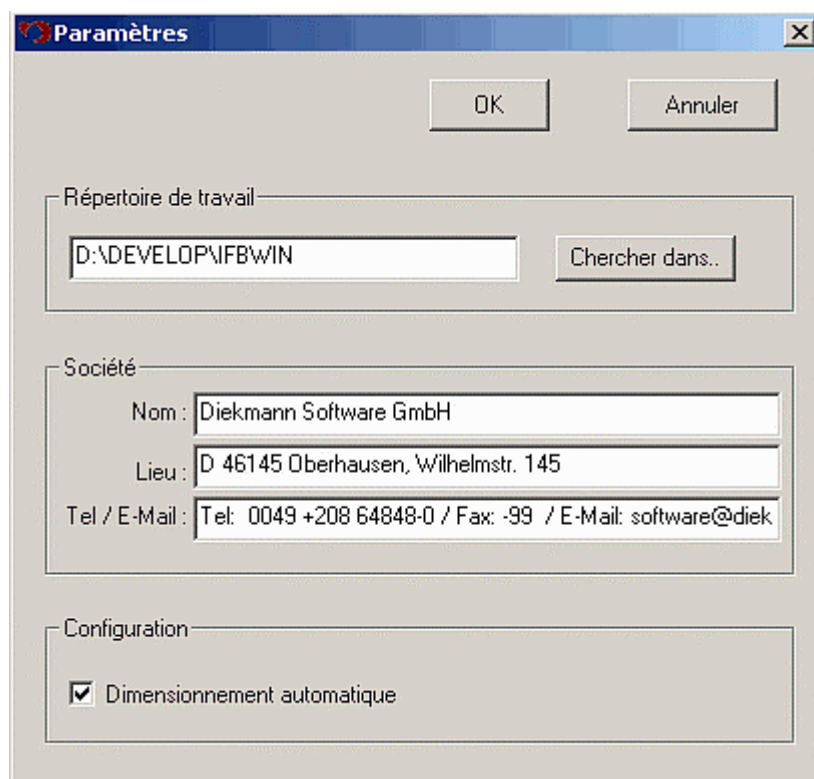


Image 2.11 Paramètres

## RESULTATS

Les résultats des calculs sont sauvegardés dans le fichier **nom.out** et sont consultés à l'aide d'un éditeur. Pour la théorie et les résultats, se référer au chapitre 3.

## BARRE D'OUTILS

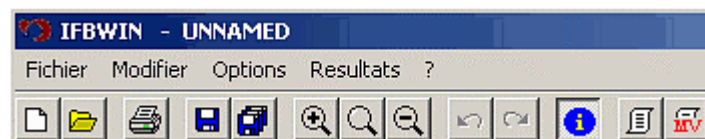


Image 2.12 Barre d'outils

## NOUVEAU

Cette fonction ouvre un nouveau fichier nommé: "UNNAMED.IFB".

## OUVRIR

Cette fonction ouvre les fichiers IFBWIN à l'aide du navigateur de fichiers. Les fichiers ont l'extension « IFB ».

## IMPRIMER

Cette commande imprime l'image de la fenêtre principale en utilisant les paramètres courants de l'imprimante sans afficher de boîte de dialogue.

Pour sélectionner une imprimante, se référer au paragraphe "Mise en page".

## ENREGISTRER

Cette option sauvegarde les résultats obtenus lors de la dernière itération dans un fichier de résultats dénommé "nom.IFB". Le fichier est créé dans le répertoire de travail courant, sans mettre fin au programme. "Nom" est le nom du projet courant (indiqué dans l'en-tête de la fenêtre de programme). Si un fichier de résultats du même nom existe déjà, ce-dernier sera écrasé sans message préalable. Il est dès lors parfois très important de prêter attention aux noms donnés aux fichiers.

## ENREGISTRER SOUS ...

Cette option sauvegarde, à l'aide du gestionnaire de fichiers, les résultats obtenus lors de la dernière itération dans un fichier de résultats sans mettre fin au programme. Le nom courant du fichier devient le nouveau nom attribué par l'utilisateur (se référer à l'en-tête de la fenêtre de programme).

## ZOOM

Avec cette option vous pouvez agrandir des détails de 100% d'un clic de la souris. Le point du clic de la souris devient le centre de la nouvelle fenêtre, un facteur d'agrandissement de 2 étant utilisé.

## FENETRE DE ZOOM

Avec cette option, il est possible d'agrandir des détails en étirant une fenêtre de zoom à l'aide de la souris. Il faut d'abord cliquer dans le coin supérieur gauche de l'écran et ensuite étirer la souris aussi loin que souhaité dans le coin inférieur droit. (Les bords du nouvel écran ne peuvent être définis qu'à l'aide de la souris).

Pour retourner à l'écran entier, il faut réaliser un clic de la souris sur le bouton ZOOM ARRIERE.

## ZOOM ARRIERE

Avant que chaque élargissement de détails ne soit réalisé, une prise d'écran est sauvegardée par le programme. Avec cette fonction, il est possible de remonter à la dernière prise d'écran étape par étape. Le programme peut sauvegarder un maximum de 10 étapes.

## ANNULER

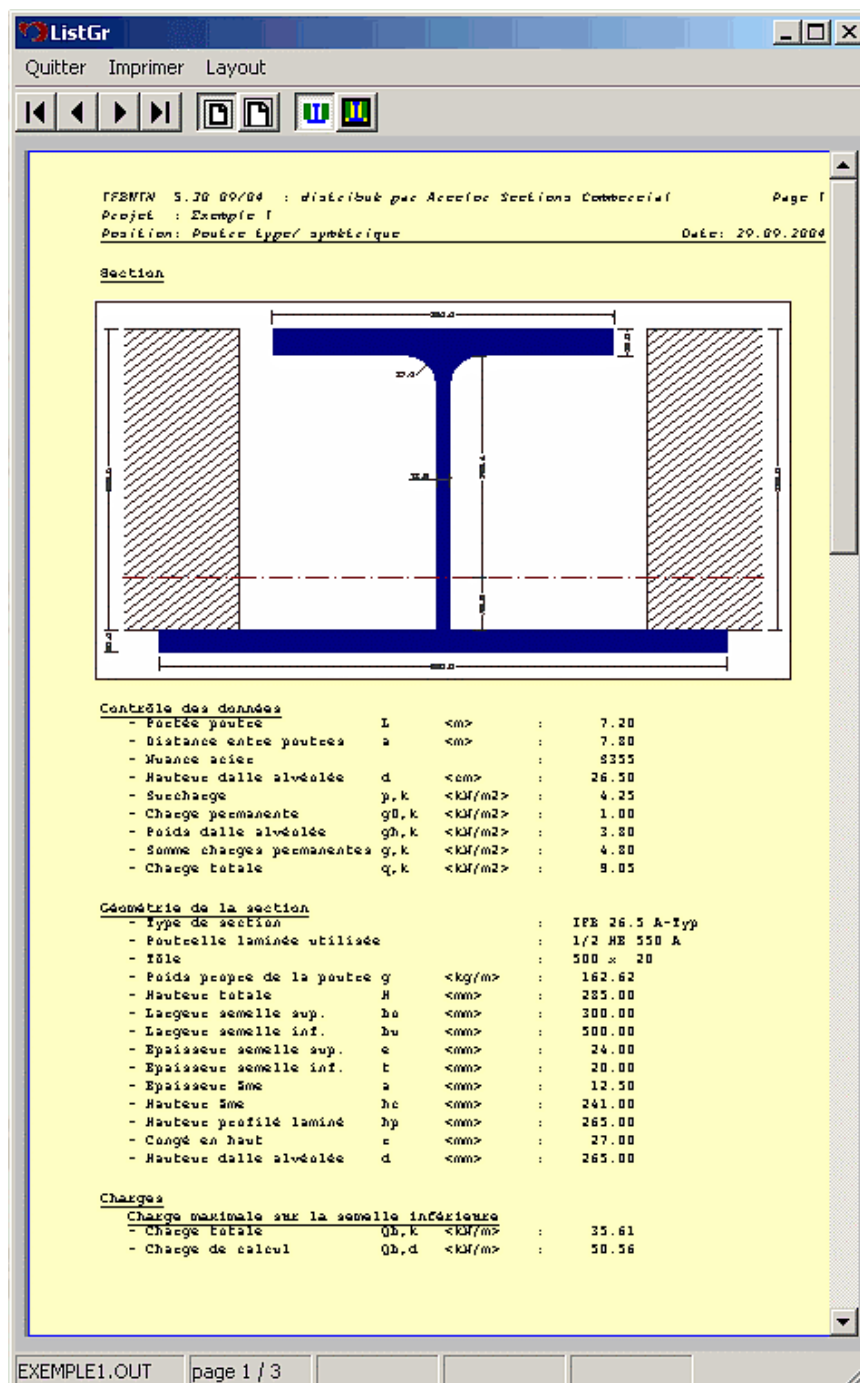
Toutes les modifications réalisées depuis votre dernière sauvegarde peuvent être annulées étape par étape.

## RETABLIR

Toutes les modifications que vous avez retirées par **annuler** depuis le chargement du projet courant ou la dernière sauvegarde peuvent être rétablies à l'aide de cette option.

## LISTING

Les résultats des calculs sont sauvegardés dans le fichier **nom.out** et sont indiqués dans la fenêtre. Pour la théorie et les résultats, se référer au chapitre 3.



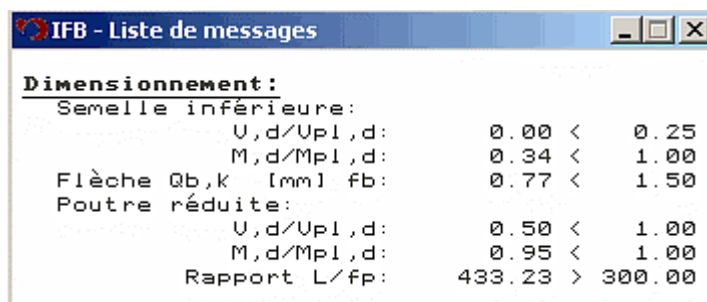
## LISTING AVEC INTERACTION- M/V

Les résultats des calculs (Interaction M/V inclus) sont sauvegardés dans le fichier **nom.out** et sont indiqués dans la fenêtre. Pour la théorie et les résultats, se référer au chapitre 3.

## LISTE DE MESSAGES

Cette fonction ouvre la liste de messages et la ferme de nouveau.





<b>IFB - Liste de messages</b>			
<b>Dimensionnement :</b>			
Semelle inférieure:			
U,d/Upl,d:	0.00	<	0.25
M,d/Mpl,d:	0.34	<	1.00
Flèche Qb,k [mm] fb:	0.77	<	1.50
Poutre réduite:			
U,d/Upl,d:	0.50	<	1.00
M,d/Mpl,d:	0.95	<	1.00
Rapport L/fp:	433.23	>	300.00

Image 2.13 Liste de messages

La liste de messages indique les résultats du dimensionnement du projet courant. La liste de messages est associative, c'est-à-dire que toute entrée introduite dans la fenêtre de dialogue "Modifier" sera automatiquement analysée par le module de calculs et que les résultats seront affichés dans la boîte.

# 3 THEORIE ET RESULTATS

---

## Généralités

Le fichier résultat est structuré de façon claire et simple. Pour chaque poutre calculée, l'utilisateur dispose de trois pages de données et de résultats, éventuellement une page de croquis de section ( *en cliquant le bouton « Imprimer »*), plusieurs pages relatives à des calculs d'interaction ou une page avec les résultats relatifs aux attaches des poutres de rives. L'annexe présente plusieurs fichiers de résultats caractéristiques.

La première page de chaque listing a comme en-tête le nom du logiciel, le numéro et la date de la version. Suivent ensuite la désignation du projet et de la position ainsi que la date du calcul. Ces trois dernières indications sont reprises sur chaque page de listing. Les pages sont numérotées.

### Données

Les premiers blocs du listing sont relatifs aux données, à savoir:

- Contrôle des données
- Géométrie de la section
- Charges
- Coefficients de sécurité

### Contrôle des données

Cette section reprend les principales données comme la portée, la distance entre les poutres, la nuance d'acier, les charges,....telles qu'elles ont été introduites à l'écran, afin de permettre une vérification rapide.

### Géométrie de la section

En premier lieu, se trouve la désignation de la poutre. Cette désignation se compose de la hauteur de la dalle et du type de la poutre (IFB-A, IFB-B ou SFB).

Ensuite, sont indiquées les différentes composantes de la poutre (profilé H ou T et les dimensions de la tôle) ainsi que le poids réel et la liste de toutes les données caractérisant la poutre métallique.

**Remarques**

Le poids propre de la poutre est calculé à partir d'un poids spécifique de 7850 kg/m<sup>3</sup> pour les produits longs et de 8000 kg/m<sup>3</sup> pour les tôles.

**Charges**

On indique ici les valeurs avec lesquelles a été effectué le calcul (déterminées à partir des données entrées), y compris pour le calcul de la fréquence de vibration et de la flèche. Les charges agissant sur la semelle inférieure en flexion transversale et celles sur la poutre en flexion longitudinale sont reproduites séparément.

Dans le cas d'un chargement asymétrique, la charge maximale sur la semelle inférieure est donnée.

Un indice k indique s'il s'agit d'une charge de service, tandis qu'un indice d désigne une charge de calcul (comprenant coefficients de sécurité).

**Contrôle des élancements**

Etant donné que le dimensionnement est un dimensionnement élasto-plastique, il faut garantir que les profilés IFB et SFB soient au moins classe 2 - sections transversales pouvant développer leur moment de résistance plastique, mais avec une capacité de rotation limitée. Les rapports largeur-épaisseur maximaux sont ceux donnés au tableau 5.3.1 (feuille 1 pour l'âme et feuille 3 pour la semelle) de l'Eurocode 3.

Comme les poutres ne sont pas continues mais supposées simplement appuyées, seules la semelle supérieure et l'âme sont vérifiées. Pour les sections IFB, le logiciel fait une distinction entre le type A (section laminée) et le type B (section soudée).

**Remarques**

Si les épaisseurs minimum ne sont pas respectées, les résultats obtenus dans la suite ne sont pas valables. Il faut alors ou bien choisir une section plus compacte, ou bien faire un dimensionnement élastique à la main. Le logiciel demande dès lors de définir une section moins élancée.

**Coefficients de sécurité**

Outre les coefficients partiels pris par défaut ou entrés au début du calcul, sont indiqués les coefficients pour les soudures et les boulons non modifiables par l'utilisateur.

---

**Etat limite ultime (ELU)**

Deux vérifications sont réalisées, une pour la semelle inférieure sous flexion transversale, l'autre pour une poutre réduite sous flexion longitudinale.

**Semelle inférieure**

La semelle inférieure en flexion transversale peut être considérée comme une poutre cantilever de section rectangulaire, chargée par deux forces concentrées, correspondant au poids propre de la dalle de béton et à la surcharge de la dalle.

Comme l'effort de cisaillement et le moment de flexion sont maximaux aux appuis, un calcul d'interaction M/V devrait normalement être effectué. Ce calcul n'est pas nécessaire si le rapport  $V_{d,d} / V_{pl,d}$  est inférieur à 0,25 ce qui est pratiquement toujours le cas (inférieur à 0,03 dans 90% des cas). Le rapport  $M_{d,d} / M_{pl,d}$  peut donc être pris égal à 1,0.

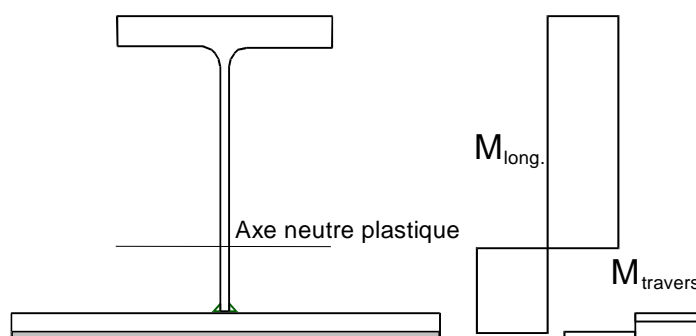
## Poutre réduite

Comme la semelle inférieure est sollicitée aussi bien dans le sens transversal que dans le sens longitudinal de la poutre, il est nécessaire d'avoir recours à des contraintes de comparaison, comme celle de von-Mises par exemple. Le théorème statique (théorie de la plasticité) admet toute distribution (la plus simple possible) de contraintes, qui respecte les deux conditions suivantes:

- les contraintes doivent être dans un équilibre complet
- la contrainte de comparaison ne doit en aucun point dépasser la valeur limite

$$\sigma_{vM}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y \leq f_y^2$$

Par conséquent si  $\sigma_x$  et  $\sigma_y$  sont de même signe, elles peuvent atteindre toutes les deux la contrainte limite sans que la contrainte de comparaison ne dépasse cette dernière. Par contre si  $\sigma_x$  et  $\sigma_y$  sont de signe contraire, si une contrainte atteint le maximum, l'autre doit devenir nulle. Ces relations conduisent à un modèle qui utilise une lamelle sur le côté bas de la semelle inférieure exclusivement pour la flexion transversale. Cette surface n'est donc plus disponible pour la flexion longitudinale et une épaisseur de semelle réduite est calculée donnant lieu à une poutre de section réduite.



Pour le type de section SFB, on réduit aussi bien l'épaisseur de la tôle que celle de la semelle inférieure du profilé laminé. Le dimensionnement explicite est toutefois réservé à la tôle, tandis que pour la semelle inférieure le logiciel se contente de contrôler si l'épaisseur est suffisante. Un accroissement d'une semelle d'un profilé laminé n'ayant aucun sens.

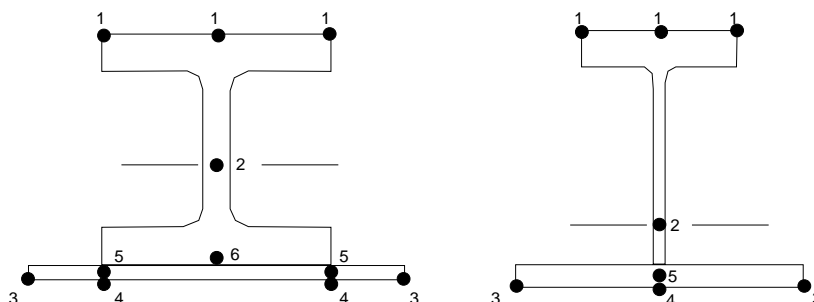
Le listing indique à la fois le(s) épaisseur(s) de départ et le(s) épaisseur(s) réduite(s) de la poutre, suivie de la position de l'axe neutre plastique. Du fait qu'il s'agit d'une poutre biappuyée isostatique avec charges linéiques, le moment de flexion est nul quand le cisaillement est maximal et vice-versa, il n'y a donc aucun besoin de faire une interaction M/V.

A titre d'information, le moment élastique de la section réduite est également donné.

## Etat limite de service (ELS)

Les déformations de la poutre sont calculées en admettant que la poutre reste en régime élastique sous les charges de service (coefficients partiels de sécurité égaux à 1,0). Afin de vérifier si les résultats obtenus sont fiables, le programme contrôle si cette condition est respectée, il se base pour cela sur la section métallique prise isolément.

Le logiciel détermine l'état de contraintes aux points de la section décrits ci-après et compare les résultats aux contraintes admissibles correspondantes.



Les valeurs données ont les significations suivantes:

- Point 1:** compression due à la flexion
- Point 2:** cisaillement maximal dans l'âme
- Point 3:** traction due à la flexion
- Point 4:** contrainte de Von-Mises due à la flexion transversale et longitudinale
- Point 5:** contrainte de Von-Mises due à la flexion longitudinale et au cisaillement
- Point 6:** contrainte de Von-Mises due à la flexion transversale et longitudinale et au cisaillement (seulement donnée pour le type SFB)

Les flèches de la semelle inférieure et de la poutre longitudinale sont ensuite calculées séparément.

## Flèche de la semelle inférieure

Le listing présente le moment d'inertie de la semelle inférieure (pour une bande longitudinale d'un mètre), le bras de levier des efforts ainsi que la flèche au point d'application de la charge sous charges de service.

### Remarques

Etant donné qu'il s'agit d'un porte-à-faux, il faut prendre  $L$  égal à deux fois le bras de levier. En pratique, des flèches calculées jusqu'à 1,5 mm ont fait leurs preuves.

De toute façon, le retrait des soudures entre la tôle et la poutre en T provoque une contre-flèche qui dépend de l'épaisseur du cordon d'angle, de l'énergie de soudage, de l'épaisseur de la tôle et de la largeur de la tôle.

## Flèche de la poutre

Même si le béton ne reprend pas des efforts, on peut considérer qu'il participe à l'inertie de la poutre IFB dans une certaine mesure. Le logiciel majore donc l'inertie de la poutre en acier brut de la part d'inertie du béton non fissuré se trouvant entre les semelles sur une largeur égale à la largeur de la semelle supérieure de la section.

Le fichier de sortie indique les flèches et rapports obtenus en milieu de poutre sous les charges permanentes  $f_G$ , la surcharge seule  $f_P$  et le poids propre plus un certain pourcentage de la surcharge spécifié dans les données  $f_{QD}$ . Une valeur pour la contreflèche à appliquer est également proposée. L'Eurocode ne propose dans son chapitre 4.2 que des recommandations concernant les valeurs limites. Généralement, une flèche maximale de  $L/250$  ne doit pas être dépassée.

### Remarques

Concernant la contreflèche, il faut tenir compte que la tolérance de fabrication sera en général de  $\pm 5$  mm et que dès lors une contreflèche de moins de 20 mm n'a pas de sens en pratique.

## Fréquence propre de la poutre

Afin d'éviter la mise en résonance, il convient d'avoir des fréquences propres de poutres suffisamment différentes de celles des sources possibles d'excitation. Sans quoi, des dommages aux installations ou au minimum une gêne sensible aux utilisateurs se produiront.

En ce qui concerne les planchers sur lesquels on marche normalement (p.ex. bureaux, habitations,...) il convient d'avoir une fréquence propre d'au moins 3 Hz. Par contre pour un plancher sur lequel on danse, on saute, ou on se déplace en cadence (gymnases, salles de danse,...), un minimum de 5 Hz est requis.

Le logiciel IFB ne tient pas compte d'un amortissement quelconque, comme par exemple par les cloisons. Cependant, le logiciel prend en compte une inertie accrue due au béton non fissuré tout comme pour le calcul des flèches. Cependant, il faut se rendre compte que c'est le comportement de la structure globale en vibration qui est responsable des dommages et malaises décrits ci-dessus et que ce comportement global peut fortement dévier du comportement d'une composante du système.

Des mesures récentes réalisées sur une multitude de structures en service conduisent aux conclusions préliminaires suivantes:

- A l'état de service on peut admettre un comportement vibratoire bi-directionnel, ce qui implique qu'il y a interférence entre la fréquence  $f_1$  de la poutre métallique et la fréquence  $f_2$  de la dalle en béton. La fréquence résultante  $f_3$  peut être déterminée d'après la formule suivante:

$$\frac{1}{f_3^2} = \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2}$$

- La fréquence propre de la poutre est déterminée sur une poutre bi-appuyée. A l'état de service, cette hypothèse n'est que partiellement

valable, étant donné qu'une chape de compression et même une chape normale non portante a tendance à modifier aussi bien l'inertie de la poutre que les conditions aux appuis. Selon les cas on peut mesurer des fréquences pour la poutre seule pouvant aller jusqu'au quadruple de ce qui a été calculé. Avec une chape autonivellante mince ou sans chape dans le cas d'un faux plancher, les calculs sont corrects pour la poutre.

---

## Dimensionnement de la soudure

La soudure entre le profilé en T laminé et la tôle est toujours constituée par un double cordon d'angle sans préparation de chanfrein. Le programme calcule l'épaisseur nécessaire du cordon, tout en tenant compte du cisaillement dans le sens longitudinal, de la force d'attache de la semelle inférieure et d'un moment de flexion éventuel (représenté par un couple de forces), dû à un chargement asymétrique.

Le programme vérifie lui-même la dimension de la gorge obtenue par rapport aux valeurs minima et maxima selon les normes et en fonction des épaisseurs des éléments à souder.

---

## Dimensionnement de l'assemblage poutre-poteau

L'assemblage poutre-poteau est généralement réalisé par une platine d'extrémité traditionnelle. Le logiciel vérifie aussi bien la résistance au cisaillement que celui à la pression diamétrale. Du fait qu'il s'agit d'un assemblage à un seul plan de cisaillement, en général la résistance au cisaillement des boulons devient déterminante. On suppose que le plan de cisaillement passe par la partie filetée du boulon, ce qui est du côté de la sécurité.

D'office sont prévues quatre solutions d'assemblage, basées sur la combinaison de deux types de boulons (10.9 et 8.8) et de deux distributions de boulons (2 boulons et 4 boulons). Généralement, une solution avec 4 boulons est choisie.

### Remarques

Si on utilise des tiges filetées, il convient de choisir pour des raisons d'approvisionnement une nuance 8.8.

Sur le listing seront indiquées pour ces 4 solutions, les épaisseurs nécessaires minimales de la platine d'extrémité et de la semelle du poteau pour éviter la ruine sous la pression diamétrale. Cette épaisseur est généralement inférieure à 10 mm, qui seront admis comme épaisseur minimale.

Le listing indique ensuite l'épaisseur retenue qui correspondra à l'épaisseur de tôle supérieure disponible sur le marché.

Enfin, la soudure reliant la platine à l'âme de la poutre est dimensionnée. Le programme calcule l'aire de cordon requise ainsi que la longueur de cordon pour des gorges passant du minimum au maximum prévu dans les normes.

### Remarques

Aucun contrôle n'est fait, pour voir si la longueur requise est disponible en réalité.

## Interaction M/V

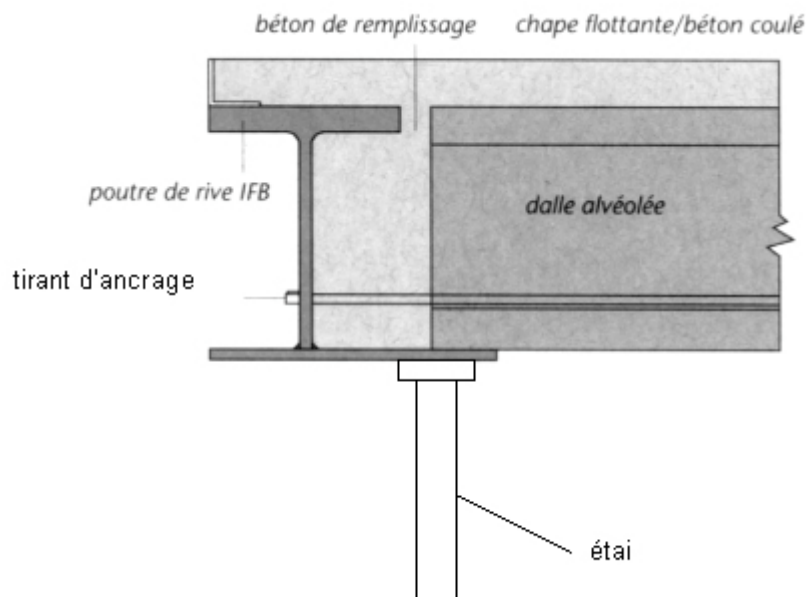
Le cisaillement est d'abord vérifié, suit alors le moment de flexion. Pour la méthode RUBIN, le listing indique en plus du moment résistance réduit, l'épaisseur d'âme et l'épaisseur d'âme réduite.

## Ancrage des poutres de rive contre la torsion

S'il s'agit d'une poutre de rive susceptible d'être soumise à la torsion, le listing indique la position des tiges d'ancrage, la pression latérale exercée par la semelle supérieure sur le béton ainsi que l'effort d'ancrage par mètre de poutre. En plus, on donne pour différentes conditions de distribution les diamètres des tirants à utiliser.

Le calcul de ces tirants d'ancrage est basé sur la méthode décrite ci-après.

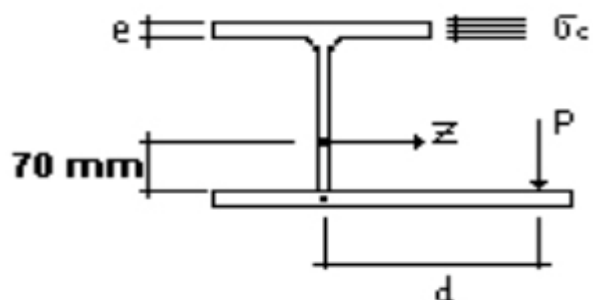
Durant la construction (pose des dalles, coulage du béton de chape et de clavetage) les poutres sont étayées comme indiqué sur le schéma ci-dessous à l'aide d'au moins deux étais par travée.



Avant de procéder au coulage du béton de clavetage, les tirants d'ancrage sont placés dans les joints entre dalles lorsque ces joints sont assez ouverts pour permettre un enrobage correct des tiges, ou dans des alvéoles ouvertes des dalles. Ces tirants sont en général espacés de 0.60m ou de 1.20m.

Le calcul des tirants consiste à équilibrer le moment de torsion longitudinal par un couple résistant composé d'une compression latérale du béton sur le bord de l'aile supérieure et de l'effort de traction qui peut être repris par les tirants.





$$M_t = P \cdot d$$

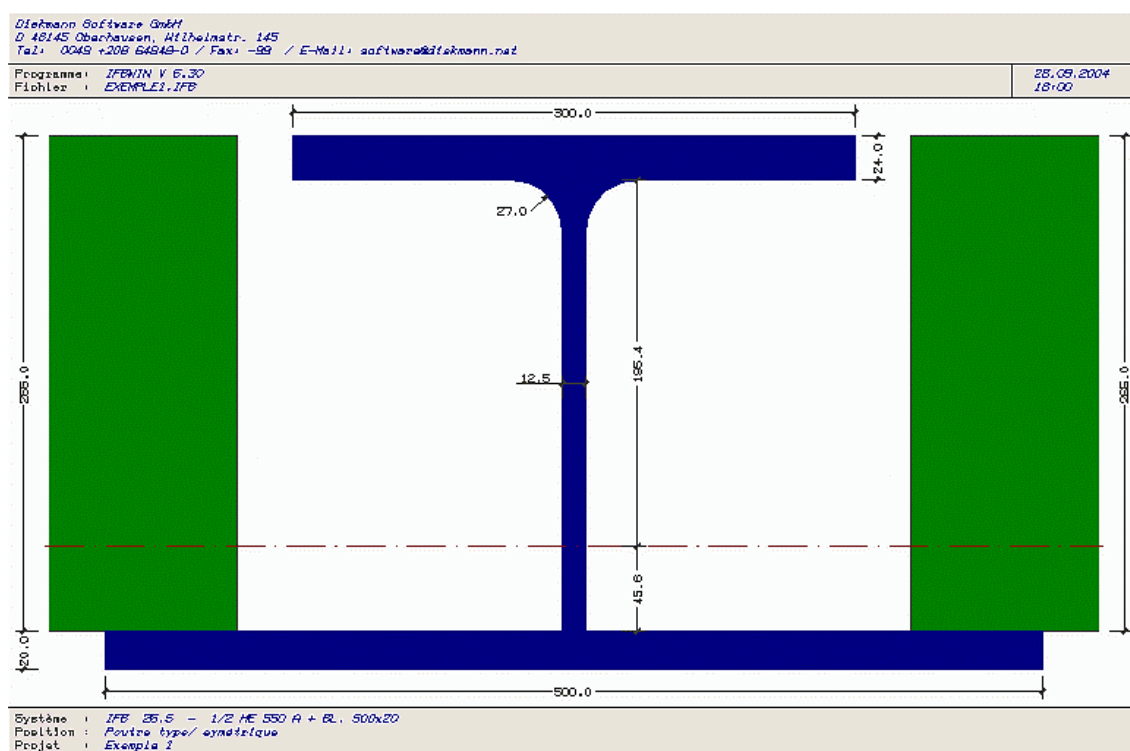
équilibré par le couple  $(Z, \sigma_c \cdot e \cdot a)$

**a** étant l'espacement entre les tirants

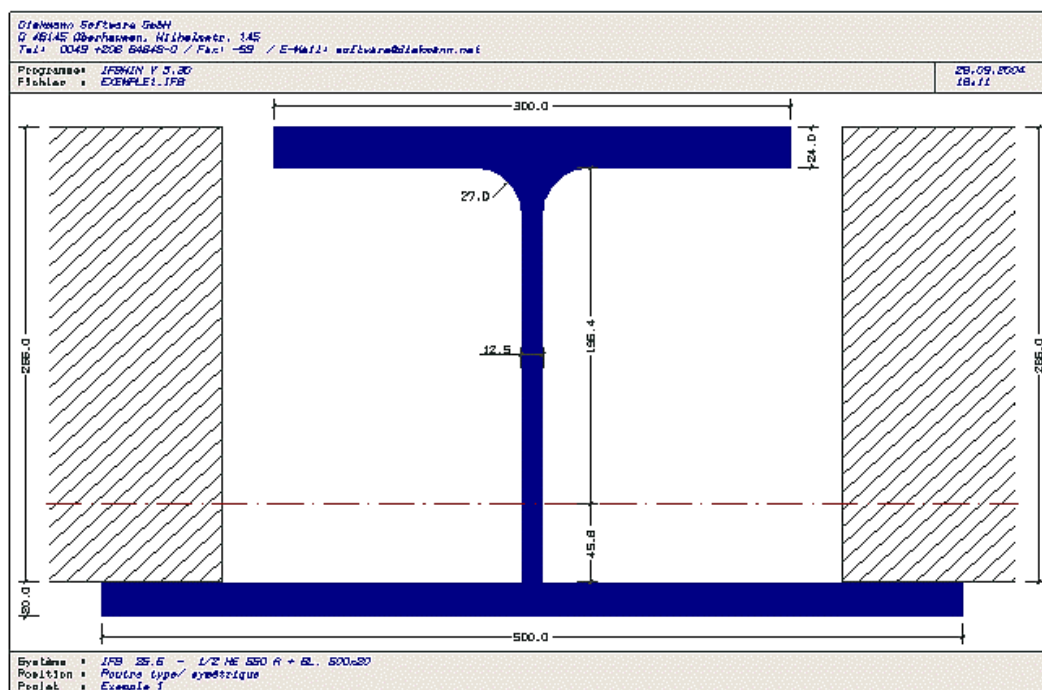
Les facteurs de pondération habituels et les facteurs partiels de sécurité sur les matériaux sont pris en compte dans ce calcul.

# ANNEXE : EXEMPLES

## Exemple 1: Poutre type / Chargement symétrique Type IFB-A



## Section



## Contrôle des données

- Portée poutre	L	<m>	:	7.20
- Distance entre poutres	a	<m>	:	7.80
- Nuance acier			:	S355
- Hauteur dalle alvéolée	d	<cm>	:	26.50
- Surcharge	p,k	<kN/m²>	:	4.25
- Charge permanente	g0,k	<kN/m²>	:	1.00
- Poids dalle alvéolée	gh,k	<kN/m²>	:	3.80
- Somme charges permanentes	g,k	<kN/m²>	:	4.80
- Charge totale	q,k	<kN/m²>	:	9.05

## Géométrie de la section

- Type de section		:	IFE 26.5 A-Typ
- Poutrelle laminée utilisée		:	1/2 HE 550 A
- Tôle		:	500 x 20
- Poids propre de la poutre g	<kg/m>	:	162.62
- Hauteur totale	H	<mm>	: 285.00
- Largeur semelle sup.	bo	<mm>	: 300.00
- Largeur semelle inf.	bu	<mm>	: 500.00
- Epaisseur semelle sup.	e	<mm>	: 24.00
- Epaisseur semelle inf.	t	<mm>	: 20.00
- Epaisseur âme	a	<mm>	: 12.50
- Hauteur âme	hc	<mm>	: 241.00
- Hauteur profilé laminé	hp	<mm>	: 265.00
- Congé en haut	r	<mm>	: 27.00
- Hauteur dalle alvéolée	d	<mm>	: 265.00

## Charges

### Charge maximale sur la semelle inférieure

- Charge totale	Qb,k	<kN/m>	:	35.61
- Charge de calcul	Qb,d	<kN/m>	:	50.56

### Charges

#### Charge maximale sur la semelle inférieure

- Charge totale	$Q_{b,k}$	<kN/m>	:	35.61
- Charge de calcul	$Q_{b,d}$	<kN/m>	:	50.56

#### Charge sur la poutre

- Surcharge	$P,k$	<kN/m>	:	33.15
- Somme charges permanentes	$G,k$	<kN/m>	:	39.70
- Charge totale	$Q,k$	<kN/m>	:	72.85
- Charge de calcul	$Q,d$	<kN/m>	:	103.32
- Q (Fréquence)	$QF = G + 0.25 \times P$	<kN/m>	:	47.99
- Q (Flèche)	$QD = G + 1.00 \times P$	<kN/m>	:	72.85

#### Contrôle des rapports b/t selon TABLEAU 5.3.1

- âme	:	17.12 <	40.19
- semelle	:	6.25 <	8.95

#### Coefficients de sécurité selon EC3, ENV 1993-1-1

Coefficients partiels de sécurité :

- surcharge	$s_Q$	:	1.50
- charge permanente	$s_G$	:	1.35
- résistances	$s_M$	:	1.10
- assemblages	$s_{Mb}$	:	1.25
- soudures	$s_{Mw}$	:	1.25
- Limite d'élasticité	$f_{y,k}$	<N/mm <sup>2</sup> >	: 345.00
- Valeur de calcul	$f_{y,d}$	<N/mm <sup>2</sup> >	: 313.64

#### Dimensionnement élasto-plastique (EC3, ENV 1993-1-1)

##### Semelle inférieure

- Cisaillement	V,d	<kN/m>	:	50.56	
- Cisaillement plastique	Vpl,d	<kN/m>	:	3621.56	
- V,d/Vpl,d			:	0.01	< 0.25
- Moment de flexion	M,d	<kNcm/m>	:	1055.51	
- Moment plastique	Mpl,d	<kNcm/m>	:	3136.36	
- M,d/Mpl,d			:	0.34	< 1.00

##### Poutre de remplacement

- Epaisseur de semelle inf. t	<mm>	:	20.00	
- Epaisseur de semelle réd. tr	<mm>	:	18.15	
- Xpl,haut (depuis arête inf. aile)	<mm>	:	195.41	
- Xpl,bas (depuis arête sup. aile)	<mm>	:	45.59	
- Cisaillement	V,d	<kN>	:	371.96
- Cisaillement plastique	Vpl,d	<kN>	:	746.76
- V,d/Vpl,d		:	0.50	< 1.00
- Moment de flexion	M,d	<kNm>	:	669.53
- Moment plastique	Mpl,d	<kNm>	:	702.84
- M,d/Mpl,d		:	0.95	< 1.00
- Moment élastique	Mel,d	<kNm>	:	610.64

#### Etat de service

##### Contraintes en état de service (cf manuel)

- Y_haut élastique	<cm>	:	15.99
- Y_bas élastique	<cm>	:	12.51
- Ix poutre seule	<cm <sup>4</sup> >	:	31124
- Compression au point 1	<kN/cm <sup>2</sup> >	:	24.25 max. 34.50
- Cisaillement au point 2	<kN/cm <sup>2</sup> >	:	8.23 19.92
- Tension au point 3	<kN/cm <sup>2</sup> >	:	18.98 34.50
- Von-Mises au point 4	<kN/cm <sup>2</sup> >	:	26.39 34.50
- Von-Mises au point 5	<kN/cm <sup>2</sup> >	:	17.47 34.50

**Déflexion de la semelle inférieure**

- Moment d'inertie	Ib	<cm <sup>4</sup> /m>	:	66.67
- Bras de levier	zu	<mm>	:	208.75
- Flèche sous Qb,k	fb	<mm>	:	0.77 < 1.50

**Déflexion de la poutre**

- Moment d'inertie poutre mixte		<cm <sup>4</sup> >	:	33237
- Flèche sous G	fG	<mm>	:	19.90
- Rapport	L/fG		:	361.7
- Flèche sous P	fP	<mm>	:	16.62
- Rapport	L/fP		:	433.2 > 300
- Flèche sous QD	fQD	<mm>	:	36.52
- Rapport	L/fQD		:	197.1
- Contreflèche conseillée	fü	<mm>	:	20

**Fréquence propre de la poutre**

- Moment d'inertie poutre mixte		<cm <sup>4</sup> >	:	33237
- Fréquence de vibration sous QF		<Hz>	:	3.6 > 3.0

**Soudure (Profilé - semelle inférieure)**

- Cordon d'angle	aw	<mm>	:	4.0
- Contrainte limite	Sw,v	<N/mm <sup>2</sup> >	:	172.49
- Résistance de calcul	Sw,d	<N/mm <sup>2</sup> >	:	261.73
- Sw,v/Sw,d			:	0.66 < 1.0

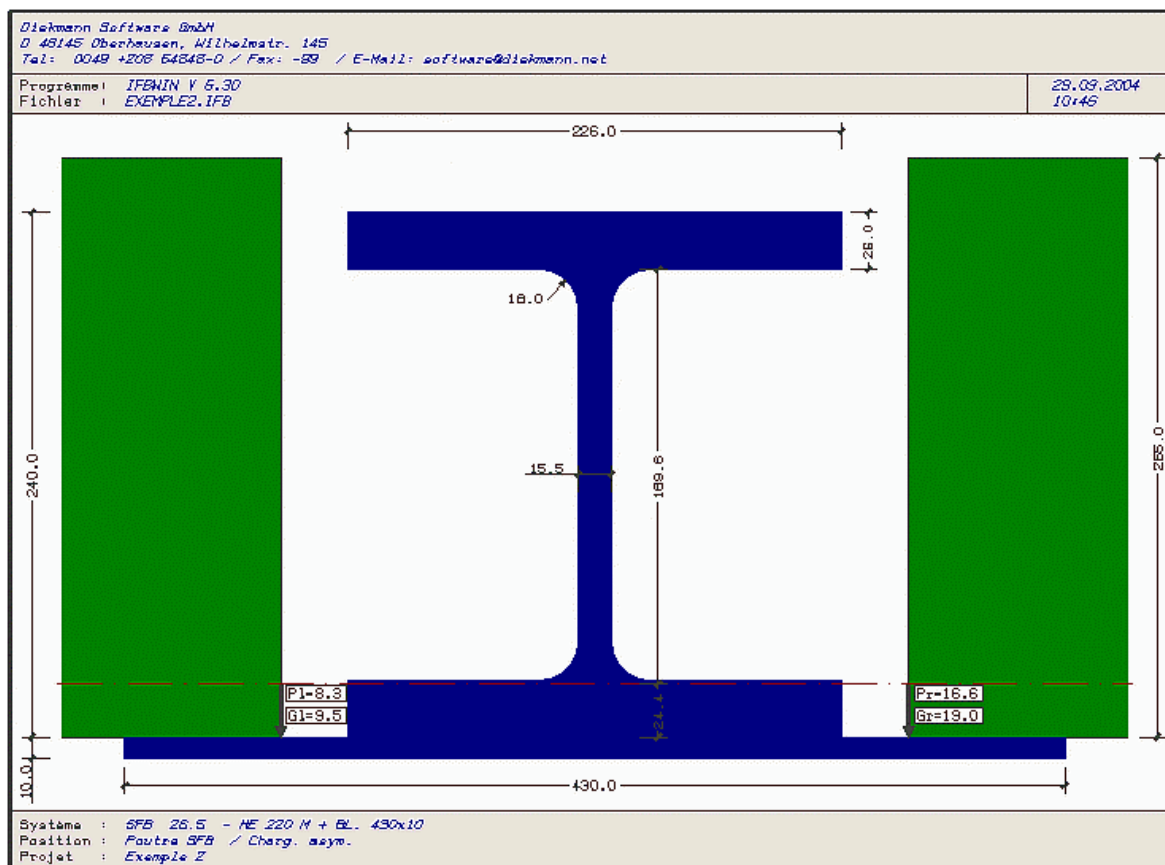
**Dimensionnement de l'assemblage EC3, ENV 1993-1-1**
**Epaisseur T minimale de la semelle du poteau et de la platine**

Assemblage travaillant à la pression diamétrale

 (alpha<sub>1</sub>: 2.5) en utilisant

- 2 boulons M30 8.8	min T	<mm>	:	6.08
- 4 boulons M20 8.8	min T	<mm>	:	4.56
- 2 boulons M30 10.9	min T	<mm>	:	6.08
- 4 boulons M20 10.9	min T	<mm>	:	4.56
Epaisseur platine		<mm>	:	10.0

## Exemple 2: Poutre type / Chargement asymétrique Type SFB





**Charge sur la poutre**

- Surcharge	P,k	<kN/m>	:	24.88
- Somme charges permanentes	G,k	<kN/m>	:	29.98
- Charge totale	Q,k	<kN/m>	:	54.86
- Charge de calcul	Q,d	<kN/m>	:	77.79
- Q (Fréquence)	QF = G + 0.25xP	<kN/m>	:	36.20
- Q (Flèche)	QD = G + 1.00xP	<kN/m>	:	54.86

**Contrôle des rapports b/t selon TABLEAU 5.3.1**

- âme	:	9.81 < 30.92
- semelle	:	4.35 < 8.95

**Coefficients de sécurité selon EC3, ENV 1993-1-1**

Coefficients partiels de sécurité :

- surcharge	sQ	:	1.50
- charge permanente	sG	:	1.35
- résistances	sM	:	1.10
- assemblages	sMb	:	1.25
- soudures	sMw	:	1.25
- Limite d'élasticité	fy,k	<N/mm2>	345.00
- Valeur de calcul	fy,d	<N/mm2>	313.64

**Dimensionnement élasto-plastique (EC3, ENV 1993-1-1)**
**Tôle**

- Cisaillement	V,d	<kN/m>	:	50.47
- Cisaillement plastique	Vpl,d	<kN/m>	:	1810.78
- V,d/Vpl,d	:	:	:	0.03 < 0.25
- Moment de flexion	M,d	<kNcm/m>	:	338.12
- Moment plastique	Mpl,d	<kNcm/m>	:	784.09
- M,d/Mpl,d	:	:	:	0.43 < 1.00

**Poutre de remplacement**

- Epaisseur de tôle	t	<mm>	:	10.00
- Epaisseur de tôle réd.	tr	<mm>	:	8.77
- Epaisseur de semelle	e	<mm>	:	26.00
- Epaisseur de semelle réd. er	er	<mm>	:	25.33
- Xpl,haut (depuis arête inf. aile)	<mm>	:	:	189.56
- Xpl,bas (depuis arête sup. tôle)	<mm>	:	:	24.44
- Cisaillement	V,d	<kN>	:	280.04
- Cisaillement plastique	Vpl,d	<kN>	:	820.58
- V,d/Vpl,d	:	:	:	0.34 < 1.00
- Moment de flexion	M,d	<kNm>	:	504.07
- Moment plastique	Mpl,d	<kNm>	:	513.42
- M,d/Mpl,d	:	:	:	0.98 < 1.00
- Moment élastique	Mel,d	<kNm>	:	420.34

**Etat de service**
**Contraintes en état de service (cf manuel)**

- Y_haut élastique	<cm>	:	14.79
- Y_bas élastique	<cm>	:	10.21
- Ix poutre seule	<cm4>	:	19826
- Compression au point 1	<kN/cm2>	:	26.52 max. 34.50
- Cisaillement au point 2	<kN/cm2>	:	5.89 19.92
- Tension au point 3	<kN/cm2>	:	18.30 34.50
- Von-Mises au point 4	<kN/cm2>	:	28.29 34.50
- Von-Mises au point 5	<kN/cm2>	:	17.43 34.50
- Von-Mises au point 6	<kN/cm2>	:	18.55 34.50



**Déflexion de la tôle**

- Moment d'inertie	Ib	<cm <sup>4</sup> /m>	:	8.33
- Bras de levier	zu	<mm>	:	67.00
- Flèche sous Qb,k	fb	<mm>	:	0.21 < 1.50

**Déflexion de la poutre**

- Moment d'inertie poutre mixte	<cm <sup>4</sup> >	:	20985	
- Flèche sous G	fG	<mm>	:	23.80
- Rapport	L/fG	:	302.5	
- Flèche sous P	fP	<mm>	:	19.76
- Rapport	L/fP	:	364.5	> 300
- Flèche sous QD	fQD	<mm>	:	43.56
- Rapport	L/fQD	:	165.3	
- Contreflèche conseillée	f <sub>u</sub>	<mm>	:	25

**Fréquence propre de la poutre**

- Moment d'inertie poutre mixte	<cm <sup>4</sup> >	:	20985
- Fréquence de vibration sous QF	<Hz>	:	3.3 > 3.0

**Soudure (Profilé - semelle inférieure)**

- Cordon d'angle	aw	<mm>	:	4.0
- Contrainte limite	Sw,v	<N/mm2>	:	74.78
- Résistance de calcul	Sw,d	<N/mm2>	:	261.73
- Sw,v/Sw,d			:	0.29 < 1.0

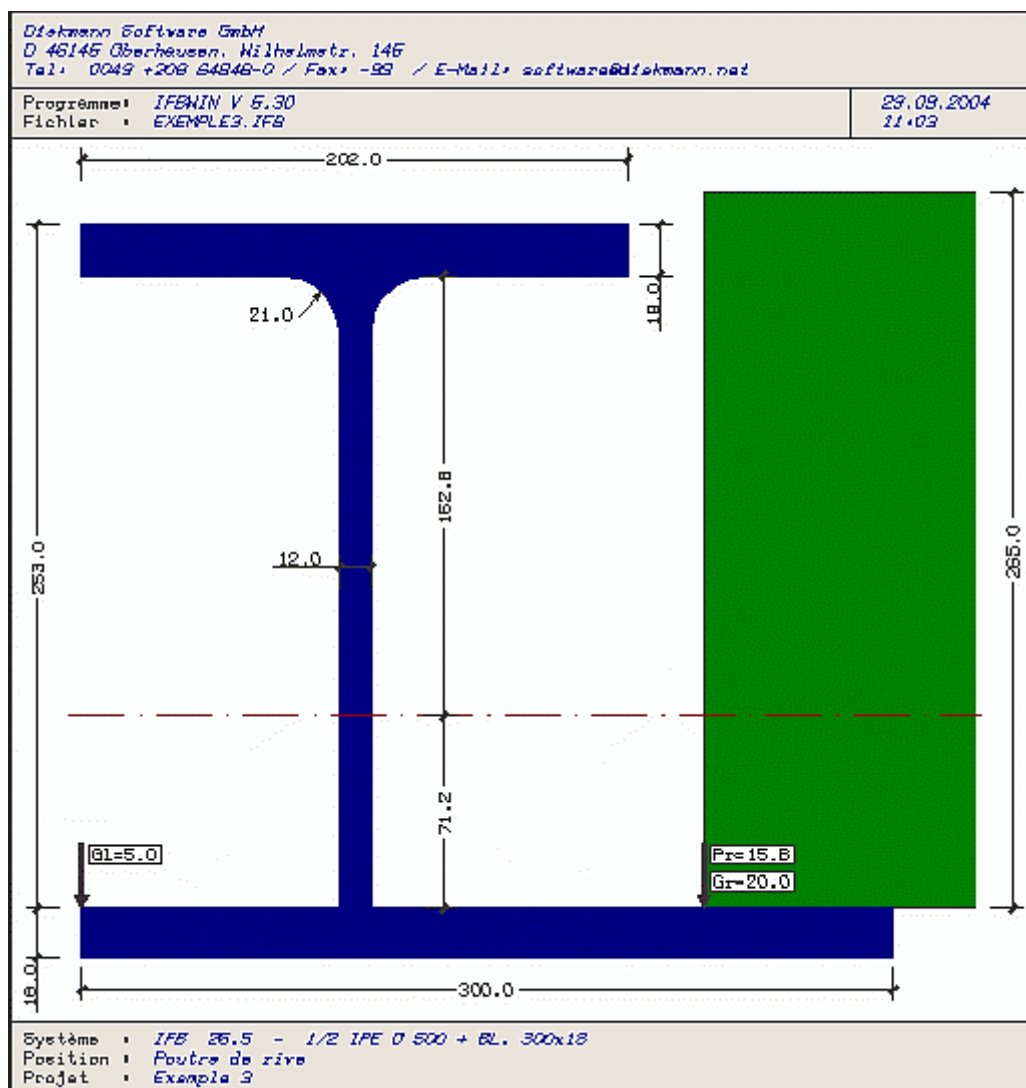
**Dimensionnement de l'assemblage EC3, ENV 1993-1-1**
**Epaisseur T minimale de la semelle du poteau et de la platine**

Assemblage travaillant à la pression diamétrale

 (alpha<sub>1</sub>: 2.5) en utilisant

- 2 boulons M27 8.8	min T	<mm>	:	5.08
- 4 boulons M20 8.8	min T	<mm>	:	3.43
- 2 boulons M24 10.9	min T	<mm>	:	5.72
- 4 boulons M20 10.9	min T	<mm>	:	3.43
Epaisseur platine		<mm>	:	10.0

## Exemple 3: Poutre de rive



IFBWIN 5.30 09/04 : distribué par Arcelor Sections Commercial

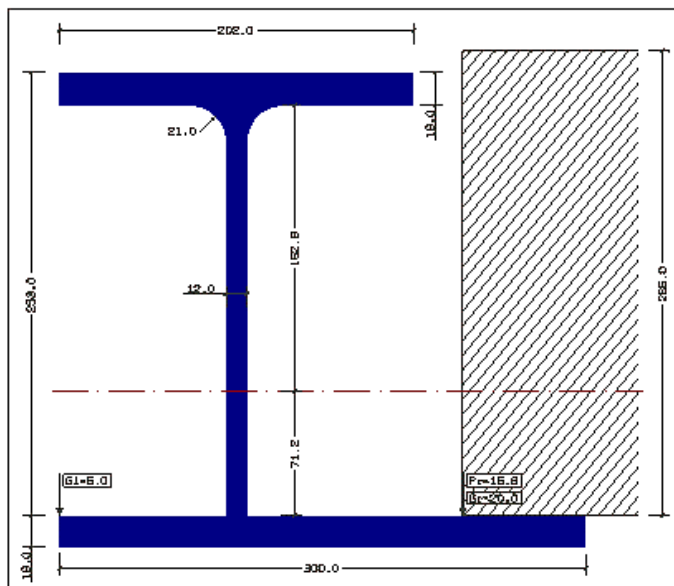
Page 1

Projet : Exemple 3

Position: Poutre de rive

Date: 29.09.2004

### Section



### Contrôle des données

- Portée poutre	L	<m>	:	7.20
- Nuance acier			:	S355
- Surcharge :				
gauche	Pg	<kN/m>	:	0.00
centre	Pc	<kN/m>	:	0.00
droite	Pd	<kN/m>	:	15.58
- Charge permanente :				
gauche	Gg	<kN/m>	:	5.00
centre	Gc	<kN/m>	:	0.00
droite	Gd	<kN/m>	:	19.96

### Géométrie de la section

- Type de section		:	IFB 26.5 A-Typ
- Poutrelle laminée utilisée		:	1/2 IPE Ø 500
- Tôle		:	300 x 18
- Poids propre de la poutre g	<kg/m>	:	96.86
- Hauteur totale	H	<mm>	: 271.00
- Largeur semelle sup.	bo	<mm>	: 202.00
- Largeur semelle inf.	bu	<mm>	: 300.00
- Epaisseur semelle sup.	e	<mm>	: 19.00
- Epaisseur semelle inf.	t	<mm>	: 18.00
- Epaisseur âme	a	<mm>	: 12.00
- Hauteur âme	hc	<mm>	: 234.00
- Hauteur profilé laminé	hp	<mm>	: 253.00
- Congé en haut	r	<mm>	: 21.00
- Hauteur dalle alvéolée	d	<mm>	: 265.00

### Charges

#### Charge maximale sur la semelle inférieure

- Charge totale	Qb,k	<kN/m>	:	35.54
- Charge de calcul	Qb,d	<kN/m>	:	50.32

**Charge sur la poutre**

- Surcharge	P,k	<kN/m>	:	15.58
- Somme charges permanentes	G,k	<kN/m>	:	25.93
- Charge totale	Q,k	<kN/m>	:	41.51
- Charge de calcul	Q,d	<kN/m>	:	58.37
- Q (Fréquence)	QF = G + 0.25xP	<kN/m>	:	29.82
- Q (Flèche)	QD = G + 1.00xP	<kN/m>	:	41.51

**Contrôle des rapports b/t selon TABLEAU 5.3.1**

- âme	:	17.75	<	48.46
- semelle	:	5.32	<	8.95

**Coefficients de sécurité selon EC3, ENV 1993-1-1**

Coefficients partiels de sécurité :

- surcharge	sQ	:	1.50
- charge permanente	sG	:	1.35
- résistances	sM	:	1.10
- assemblages	sMb	:	1.25
- soudures	sMw	:	1.25
- Limite d'élasticité	fy,k	<N/mm2>	345.00
- Valeur de calcul	fy,d	<N/mm2>	313.64

**Dimensionnement élasto-plastique (EC3, ENV 1993-1-1)**
**Semelle inférieure**

- Cisaillement	V,d	<kN/m>	:	50.32
- Cisaillement plastique	Vpl,d	<kN/m>	:	3259.40
- V,d/Vpl,d	:		:	0.02 < 0.25
- Moment de flexion	M,d	<kNcm/m>	:	794.99
- Moment plastique	Mpl,d	<kNcm/m>	:	2540.45
- M,d/Mpl,d	:		:	0.31 < 1.00

**Poutre de remplacement**

- Epaisseur de semelle inf. t	<mm>	:	18.00
- Epaisseur de semelle réd. tr	<mm>	:	16.46
- Xpl,haut (depuis arête inf. aile)	<mm>	:	162.83
- Xpl,bas (depuis arête sup. aile)	<mm>	:	71.17
- Cisaillement	V,d	<kN>	210.14
- Cisaillement plastique	Vpl,d	<kN>	635.70
- V,d/Vpl,d		:	0.33 < 1.00
- Moment de flexion	M,d	<kNm>	378.26
- Moment plastique	Mpl,d	<kNm>	389.84
- M,d/Mpl,d		:	0.97 < 1.00
- Moment élastique	Mel,d	<kNm>	334.43

**Etat de service**
**Contraintes en état de service (cf manuel)**

- Y_haut élastique	<cm>	:	15.02
- Y_bas élastique	<cm>	:	12.08
- Ix poutre seule	<cm4>	:	16015
- Compression au point 1	<kN/cm2>	:	25.23 max. 34.50
- Cisaillement au point 2	<kN/cm2>	:	5.19 19.92
- Tension au point 3	<kN/cm2>	:	20.29 34.50
- Von-Mises au point 4	<kN/cm2>	:	27.03 34.50
- Von-Mises au point 5	<kN/cm2>	:	18.79 34.50

**Déflexion de la semelle inférieure**

- Moment d'inertie	Ib	<cm <sup>4</sup> /m>	:	48.60
- Bras de levier	zu	<mm>	:	158.00
- Flèche sous Qb,k	fb	<mm>	:	0.46 < 1.50

**Déflexion de la poutre**

- Moment d'inertie poutre mixte		<cm <sup>4</sup> >	:	16680
- Flèche sous G	fG	<mm>	:	25.90
- Rapport	L/fG		:	278.0
- Flèche sous P	fP	<mm>	:	15.56
- Rapport	L/fP		:	462.6 > 300
- Flèche sous QD	fQD	<mm>	:	41.47
- Rapport	L/fQD		:	173.6
- Contreflèche conseillée	f <sub>u</sub>	<mm>	:	30

**Fréquence propre de la poutre**

- Moment d'inertie poutre mixte		<cm <sup>4</sup> >	:	16680
- Fréquence de vibration sous QF		<Hz>	:	3.3 > 3.0

**Soudure (Profilé - semelle inférieure)**

- Cordon d'angle	aw	<mm>	:	4.0
- Contrainte limite	Sw,v	<N/mm <sup>2</sup> >	:	192.69
- Résistance de calcul	Sw,d	<N/mm <sup>2</sup> >	:	261.73
- Sw,v/Sw,d			:	0.74 < 1.0

**Dimensionnement de l'assemblage EC3, ENV 1993-1-1**
**Epaisseur T minimale de la semelle du poteau et de la platine**

 Assemblage travaillant à la pression diamétrale  
 (alpha<sub>1</sub>: 2.5) en utilisant

- 2 boulons M22 8.8	min T	<mm>	:	4.68
- 4 boulons M16 8.8	min T	<mm>	:	3.22
- 2 boulons M22 10.9	min T	<mm>	:	4.68
- 4 boulons M16 10.9	min T	<mm>	:	3.22
Epaisseur platine		<mm>	:	10.0

Soudure (double cordon d'angle):

- Aire efficace requis Aw		<cm <sup>2</sup> >	:	8.0
- longueur cordon pour a = min = 3.0		<mm>	:	135.0
- longueur cordon pour a = 4.0		<mm>	:	105.0
- longueur cordon pour a = 5.0		<mm>	:	85.0
- longueur cordon pour a = 6.0		<mm>	:	70.0
- longueur cordon pour a = max = 7.0		<mm>	:	60.0