

Conception d'un encastrement

1. Pré requis

- Le paramétrage général du logiciel, le réglage de l'implantation des boulons,
- Le cours « Conception et calcul des encastrements par platine boulonnée »,
- La manipulation des fenêtres, le calcul puis l'analyse succincte des résultats du logiciel grâce aux différentes applications proposées dans le manuel du logiciel.

2. Ressources

Dans cette application nous disposons des ressources suivantes placées sur le serveur :

- La maquette Tekla à faire évoluer et nommé « Chasselay-AP-17 ». Voir aussi le plan A3H fourni,
- Un modèle de démarrage de PowerConnect nommé « 50-Chasselay-INITIAL.bpc »,
- La fiche de procédure « Paramètres généraux »,
- La fiche de procédure « Implantation des boulons – le cas des encastrements par platine d'about »,
- Le manuel « Comment débiter »,
- Le manuel de référence du logiciel,

Utiliser aussi l'aide en ligne du logiciel.

3. Situation, but à atteindre et démarche proposée

Situation

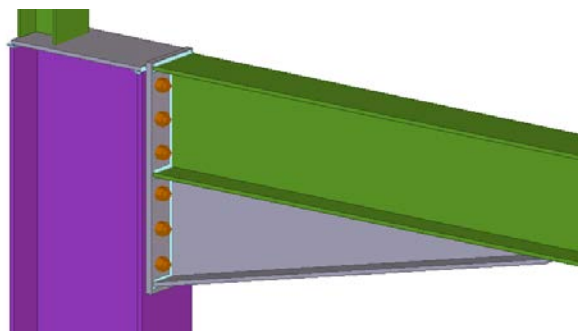
La file 5 d'un bâtiment est définie en avant-projet sur Tekla (voir la maquette et le plan A3H en ressources).

Le poteau, la traverse, le jarret et le diamètre des boulons sont définis par l'AP et ne doivent pas être modifiés. Les autres caractéristiques de l'encastrement (épaisseur platine, nombre de boulons, soudures...) ont été créés avec des valeurs par défaut, sans aucun calcul de résistance ; elles peuvent donc être modifiées.

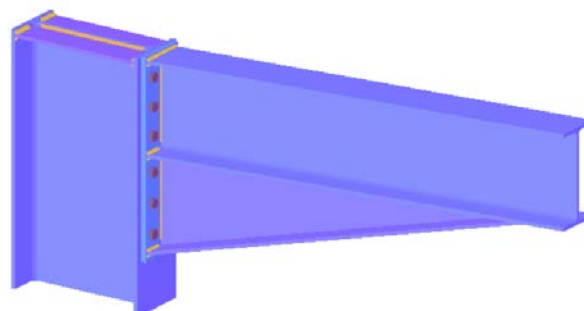
On dispose aussi des actions à transmettre par l'encastrement pour la combinaison $1,35G + 1,5 W_{\text{transversal}} + 0,75S$. Ces actions sont exprimées dans le repère de la traverse.

On dispose en ressource d'un modèle de calcul avec PowerConnect de l'encastrement de la file A, ce modèle est construit à partir de la maquette Tekla.

Les actions sont déjà indiquées dans ce modèle calcul.



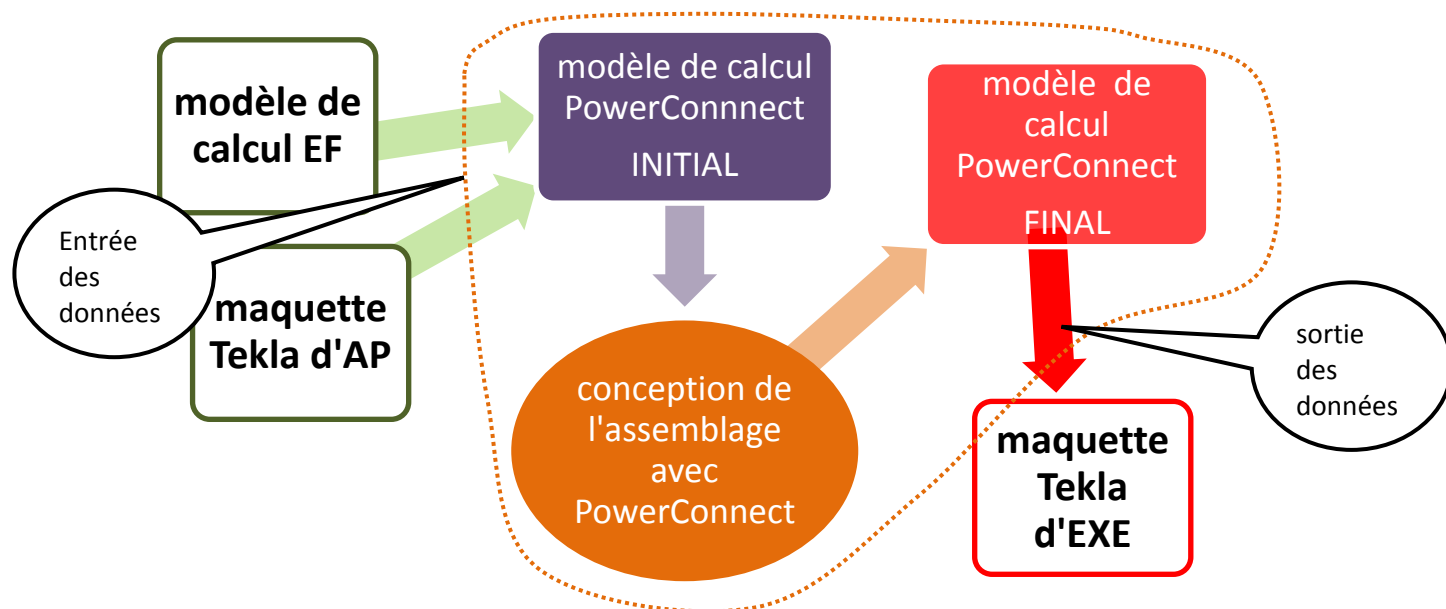
$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 30,559 \text{ kN} \\ V_{Ed} &= 64,888 \text{ kN} \\ M_{Ed} &= -168,523 \text{ kN.m} \end{aligned}$$



Il y a ici une rupture de la chaîne numérique car :

- La maquette AP existe sous Tekla,
- Les actions à transmettre sont fournies par un logiciel de simulation par éléments finis (EF),
- La conception de l'assemblage sera faite avec PowerConnect,
- La maquette Tekla sera modifiée en EXE pour respecter la nouvelle conception de l'assemblage.

Il faudra donc prêter attention à l'échange des données en entrée et en sortie :



But à atteindre

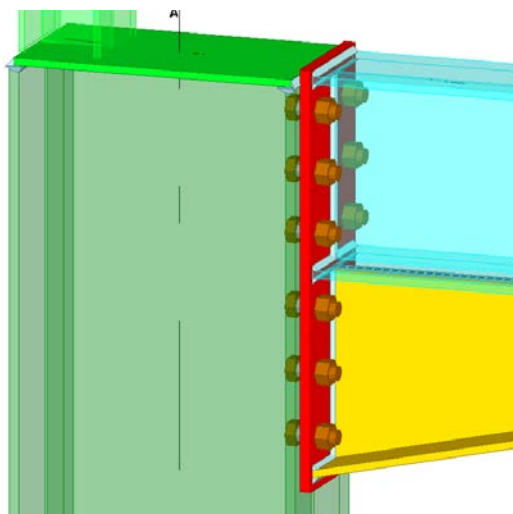
Il faut concevoir l'encastrement en fonction des actions à transmettre :

- La résistance doit être suffisante, mais sans excès,
- La rigidité doit être suffisante pour respecter le modèle encastrement.

Démarche proposée

1. Ouvrir le modèle de calcul « 50-Chasselay-INITIAL.bpc »,
2. Vérifier que ce modèle est conforme à la maquette Tekla et au modèle de calcul EF (paragraphe 4),
3. Première modification : placer les boulons au plus près des semelles, des âmes et des raidisseurs pour augmenter la résistance et la rigidité (paragraphe 5),
4. Construction du modèle final : renforcement, allègement ou ajout de composantes :
 - Platine d'about,
 - Boulons,
 - Soudures,
 - Jarrets,
 - Raidisseurs,

Tous les détails sont dans les paragraphes 6, 7 et 8.

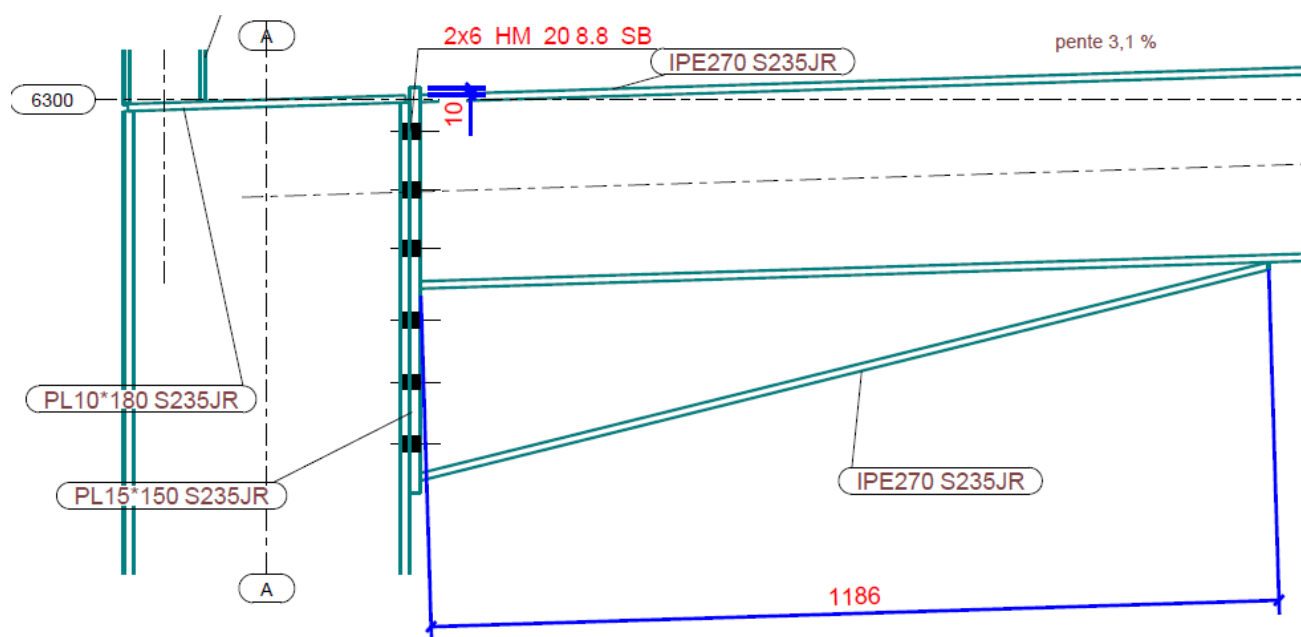


5. Conclusion : préparer les informations à transmettre pour la modification de la maquette Tekla.

4. Vérification du modèle initial

Sont à vérifier tous les paramètres fixés en AP, comme :

- Les profils du poteau et de la traverse, leurs nuances,
- Le profil et la longueur du jarret,
- La platine d'about,
- Le diamètre des boulons (il est inutile de vérifier leur nombre et leur implantation),
- les actions à transmettre,
- La pente, et enfin, l'entraxe des poteaux,



A cette étape il faut fixer des valeurs raisonnables pour les cordons de soudure : par exemple $a = 5$ pour les semelles et $a = 3$ pour les âmes.

5. Premier modèle de calcul (phase 1)

Mise en place des boulons

A partir de la fiche de procédure « Implantation des boulons – le cas des encastresments par platine d'about ». Utiliser la fonction d'optimisation.

Les cotes de positionnement des trous par rapport aux bords de la platine ne sont pas des valeurs entières ; on peut les modifier ; mais toujours en respectant les limites d'implantation.

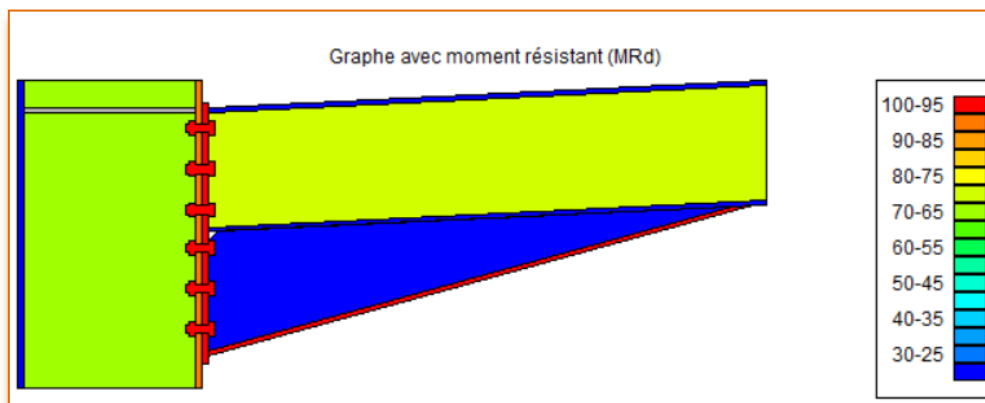
Calcul et première piste d'amélioration

Réaliser le calcul (par la touche F9) ; la fenêtre des résultats s'ouvre en mode « Récapitulatif ».

Première constatation, la résistance M_{Rd} au moment M_{Ed} est insuffisante :

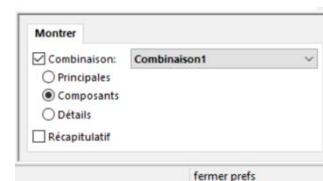
Moment positif maximum (M_{Rd+}) = 104 kNm < Moment appliqué (M_{Ed}) = 169 kNm

Dans ce cas où la résistance est insuffisante, le graphe le plus utile est celui de droite :



On observe grâce au code couleur que les composants les plus sollicités sont : la platine d'about, les boulons et la semelle du jarret : entre 95% et 100% de leur limite.

En affichant les préférences de résultats selon les composants on obtient les composants limitant le moment résistant ; elles sont affichées ci-dessous.



Rangée de boulons n°1, Composant restrictif :
Semelle du jarret en compression, Moment : 104 kNm
Rangée de boulons n°2, Composant restrictif :
Semelle du jarret en compression, Moment : 0 kNm
Rangée de boulon N°3, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm
Rangée de boulon N°4, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm
Rangée de boulon N°5, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm
Rangée de boulon N°6, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm
Moment permis par les soudures = 234,4 kNm >= Moment de sollicitation (M_{Ed}) = 169 kNm

⇒ On propose de renforcer la semelle du jarret

6. Deuxième modèle de calcul (phase 2)

Renforcement du jarret

Pour augmenter la résistance en compression du jarret une solution courante est de souder un plat comme sur l'exemple ci-contre :

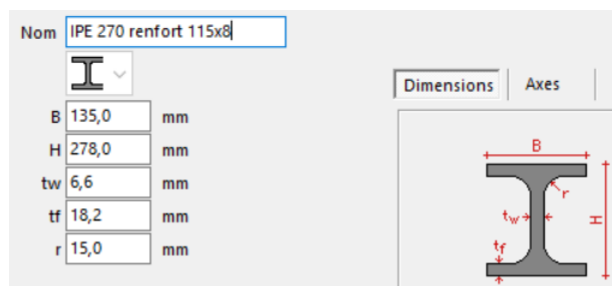
- Sa largeur est plus faible que la largeur de la semelle (135 mm) pour permettre de les relier par un cordon d'angle. Ici laisser 10 mm de chaque côté (utiliser un plat de 115 mm de largeur).
- Son épaisseur est proche de celle de la semelle (10.2 mm). On choisit ici une épaisseur de 8 mm.

Dans PowerConnect il faut donc remplacer la semelle de l'IPE par un plat de 115x8 sur toute sa longueur.

Dans Tekla il faudra créer un renfort de longueur environ le triple de sa largeur (soit 350 mm).



- Ouvrir la fenêtre des paramètres du jarret (double-clic), puis celle des détails (bouton « détails »),
- Simuler cette semelle composite par une seule semelle de 115 mm de large et de 18.2 mm (10.2+8) d'épaisseur (elle est forcément toute longueur).
- Il faut aussi changer la hauteur H qui passe à 278 mm ; ainsi que le nom car ce n'est plus un IPE 270.



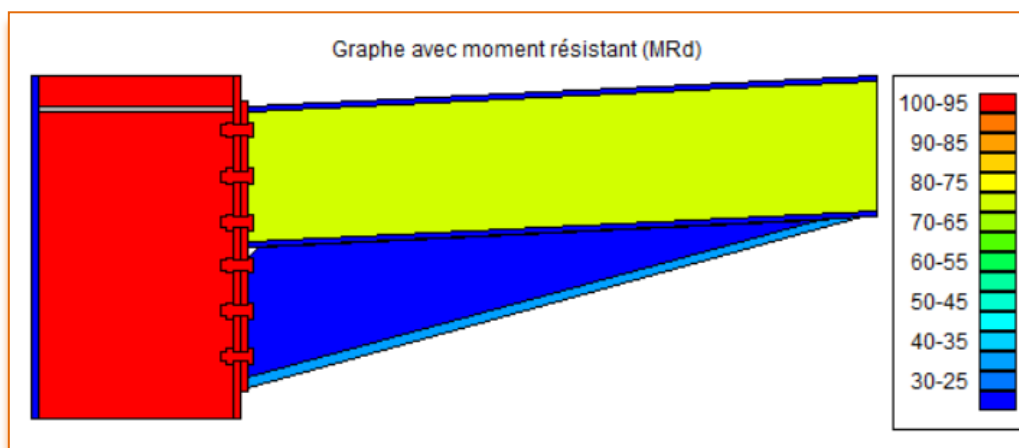
Remarque : changer l'affichage des dimensions pour faire apparaître les 1/10 de mm.

Calcul et deuxième piste d'amélioration

Première constatation, la résistance M_{Rd} au moment M_{Ed} est encore insuffisante.

Cependant, le moment M_{Rd} a augmenté : il passe de 104 kN.m à 145.7 kN.m, soit une progression de 40 %.

Moment positif maximum (M_{Rd+}) = 145,7 kNm < Moment appliqué (M_{Ed}) = 169 kNm



Les composantes les plus sollicitées sont maintenant : la platine d'about, les boulons, semelle et l'âme du poteau .

Le jarret est beaucoup plus loin de sa limite qu'avant son renforcement : environ 30%.

Les composantes restrictives sont maintenant :

- Platine d'about,
- Âme du poteau en compression.

Rangée de boulons n°1, Composant restrictif :

Platine de fin en flexion (mode 2), Moment : 106,2 kNm

Rangée de boulons n°2, Composant restrictif :

Âme du poteau en compression, Moment : 41,3 kNm

Rangée de boulons n°3, Composant restrictif :

Âme du poteau en compression, Moment : 0 kNm

Rangée de boulon N°4, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm

Rangée de boulon N°5, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm

Rangée de boulon N°6, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm

Moment permis par les soudures = 229,5 kNm \geq Moment de sollicitation (M_{Ed}) = 169 kNm

⇒ On propose de renforcer l'âme du poteau.

7. Troisième modèle de calcul (phase 3)

Renforcement de l'âme du poteau

Pour augmenter la résistance en compression de l'âme du poteau la solution la plus courante est de souder un raidisseur transversal :

- D'une épaisseur proche de celle de la semelle (10.2 mm). Ici choisissons 10 mm,
- Sur toute la largeur de la chambre du poteau.



Un clic droit après que le poteau a été sélectionné ouvre la fenêtre adéquate.



Renseigner la fenêtre avec les bons paramètres :

Géométrie

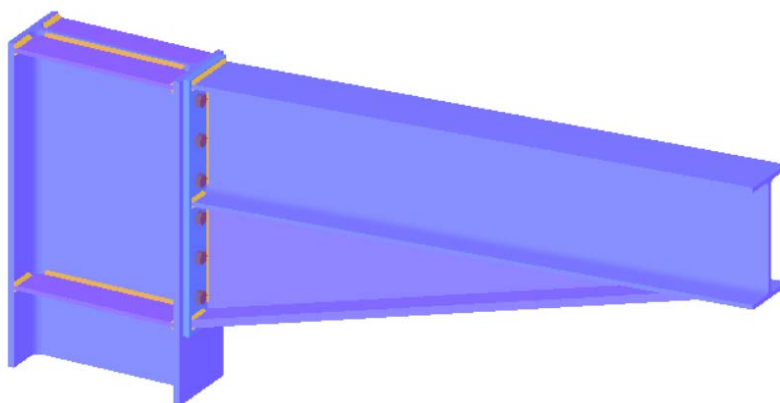
☐ Raidisseur supérieur transversal
☒ Raidisseur inférieur transversal
☐ Raidisseur diagonal
☐ Autre raidisseur transversal

Longueur : mm

Epaisseur : mm

Largeur ouverture du coin : mm

Longueur ouverture du coin : mm



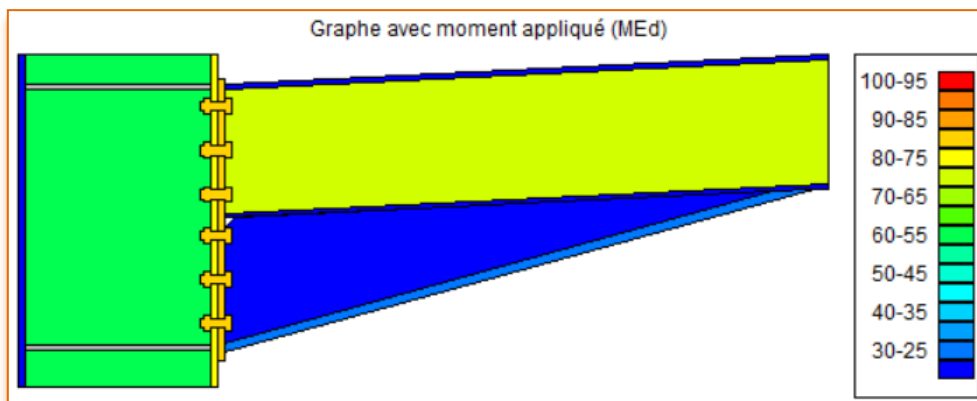
Calcul et dernière piste d'amélioration

Première constatation, il n'y a plus de message en rouge : la résistance M_{Rd} au moment M_{Ed} est maintenant suffisante Ce M_{Rd} est passé à 210,7 kN.m.

Moment

Moment positif maximum (M_{Rd+}) = 210,7 kNm \geq Moment appliqué (M_{Ed}) = 169 kNm

Dans ce cas où la résistance est suffisante, le graphe le plus utile est celui de gauche :



Le taux de travail avec l'interaction Moment-Effort normal est de 82% :

Moment avec l'effort normal

Nom de la combinaison	M_{Ed}	M_{Rd}	N_{Ed}	N_{Rd}	$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} + \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	< 1
Combinaison1	169,0	210,7	27,8	1576,7	0,82	V

On constate ci-dessous que les 3 rangées de boulons du bas : rangées n°4, n°5 et n°6 ne participent pas à la résistance (Moment : 0 kN.m).

Moment

Moment total résistant (M_{Rd}) = 210,7 kNm \geq Moment de sollicitation (M_{Ed}) = 169 kNm

Rangée de boulons n°1, Composant restrictif :

Platine de fin en flexion (mode 2), Moment : 106,2 kNm

Rangée de boulons n°2, Composant restrictif :

Traction locale dans les soudures, Moment : 52,5 kNm

Rangée de boulons n°3, Composant restrictif :

Ame du poteau en cisaillement, Moment : 52 kNm

Rangée de boulons n°4, Composant restrictif :

Ame du poteau en cisaillement, Moment : 0 kNm

Rangée de boulon N°5, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm

Rangée de boulon N°6, Composant restrictif : —, Moment : 0 kNm

Moment permis par les soudures = 229,5 kNm \geq Moment de sollicitation (M_{Ed}) = 169 kNm

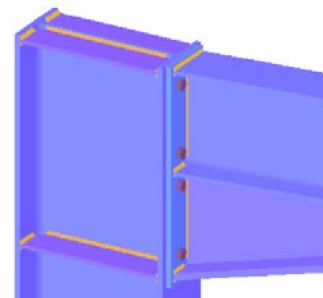
⇒ On propose de supprimer la rangée n°5, et, pour équilibrer verticalement, de supprimer aussi la rangée n°2 car nous avons une bonne réserve de résistance (210,7 - 169 = 41,7).

8. Dernier modèle de calcul (phase 4)

Suppression de deux rangées de boulons

Avec la fenêtre de gestion des boulons.

Le modèle est maintenant celui représenté à gauche :



Vérification de la résistance

En interaction Moment-Effort normal le taux de travail est de 90% ; la résistance est suffisante.

Moment avec l'effort normal

Nom de la combinaison	MEd	MRd	NEd	NRd	$\frac{MEd}{MRd} + \frac{NEd}{NRd}$	< 1
Combinaison1	169,0	191,5	27,8	1576,7	0,90	V

Vérification de la rigidité

La rigidité de l'assemblage le classe dans les assemblages rigides ; ce qui est satisfaisant.

Rigidité

$S_{jini} = 58444 \text{ kNm/Rad}$

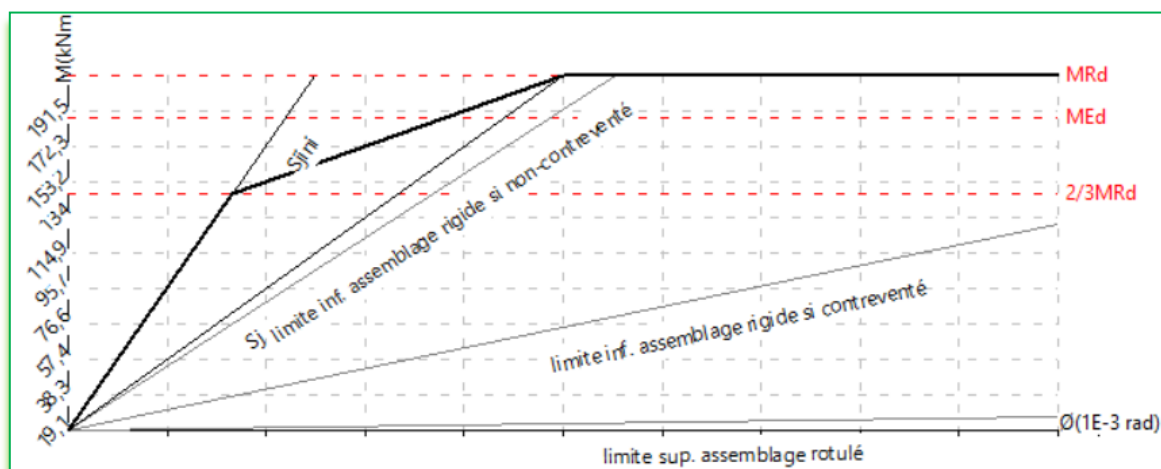
$S_j = 29222 \text{ kNm/Rad}$

Classification

La connexion est Rigide. (Voir graphe de la fenêtre 'Graphe')

Limite supérieure pour une connexion rotulée = 529 kNm/Rad

Limite inférieure pour une connexion rigide = 26434 kNm/Rad



Enregistrer le modèle FINAL

A. Annexe : données de sortie pour la modification en EXE de la maquette Tekla

A partir de la fenêtre « plan » qui s'ouvre grâce à l'icône :

