



*IUT du Limousin*  
Département Génie Civil et Construction Durable  
17 boulevard Jacques Derche  
19300 ÉGLETONS



# RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Tuteur entreprise : M TOTARO

Tuteur établissement : M. LONJOU Richard

*Année : 2020 - 2021*



GIRARD Mattéo  
SIMONET Baptiste





# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier M. Richard Lonjou, pour ses explications, conseils, et photographies pertinentes qui ont facilité la production de ce travail.

Dans un second temps, nous remercions notre tuteur, Franck Totaro, pour nous avoir offert la possibilité de travailler sur ce projet.

Nous remercions également sincèrement M. Pinto [B.E.T. Brun], pour ses 3 cours de formation sur le logiciel de modélisation Tekla Structure, ainsi que Mme Souny pour ses conseils concernant la rédaction de ce rapport.

Et enfin nous remercions tous le personnel de l'IUT Génie Civil & Construction d'Egletons pour les connaissances qui nous ont transmises durant les 2 dernières années.



# Sommaire

<b>I. Introduction</b>	<b>1</b>
<b>II. Modélisation charpente métallique</b>	<b>2</b>
1) Maillage	2
2) Appuis provisoires	3
3) Bipoutre	3
4) Connecteur	5
5) Entretoise	6
a) Entretoise courante	6
b) Entretoise sur culés	7
c) Entretoise sur piles	8
6) Système anti-intrusion	9
7) Avant bec	10
<b>III. Modélisation tablier</b>	<b>11</b>
1) Élément béton	11
2) Armature	12
<b>IV. Phasage de montage sur plateforme de lancement</b>	<b>13</b>
<b>V. Virtual Tour</b>	<b>14</b>
<b>VI. Conclusion</b>	<b>15</b>
<b>VII. Table des illustrations</b>	<b>16</b>
<b>VIII. Table des matières des annexes</b>	<b>16</b>



## I. Introduction

Dans le cadre de notre 2<sup>ème</sup> année de DUT Génie Civil & Construction durable à l'IUT d'Egletons, nous avons pu conclure nos 2 années par la réalisation d'un Projet de Fin d'Etudes. Le PFE est un travail réalisé en collaboration avec des entreprises extérieures à l'école sur une durée de 4 semaines.

L'objectif de notre projet est de réaliser une maquette numérique BIM d'un viaduc à l'aide de plan et des photos et l'utilisation d'un scanner Leica P30.

Ce chantier consiste en la construction d'une nouvelle voie de 1.9km pour prolonger le contournement entre Brive et relier la RD1089 à la RD921.

Le but de ce projet est de développer des compétences dans l'utilisation de logiciel BIM et de mettre en pratique des connaissances déjà acquises au sein de l'IUT tel que la lecture de plans.



### QU'EST-CE-QUE LE BIM ?

Le BIM vient de l'anglais Building Information Modeling et permet de modéliser des informations sur des ouvrages d'art, des bâtiments, des infrastructures.

Le BIM est une méthode de travail sur des maquettes numérique 3D. Ces maquettes donnent un grand nombre d'informations tout au long de la durée de vie d'un ouvrage d'art, d'un bâtiment, d'infrastructures, c'est-à-dire de sa construction jusqu'à sa démolition.

Cela permet également de faire des suivis de chantier et des simulations dans les calculs structurels, dans l'énergétique, dans les coûts de réalisation.

Le BIM est lié à des logiciels de modélisation telle que TEKLA STRUCTURE sur lequel nous avons pu modéliser la charpente métallique et le tablier du viaduc de malemort.



## II. Modélisation charpente métallique

Notre modélisation est divisée en 2 parties. La 1<sup>ère</sup> représente le viaduc dans son intégralité (charpente & tablier), suivant ce que nous avons vu lors des visites de chantier. Cela veut dire que notre charpente et notre tablier sont modélisés avec un rayon de courbure sur les tronçons situés entre les 2 piles. Les deux portions de C0 à P1 et de P2 à C3 sont quant à elle rectilignes.

A la fin de cette modélisation, nous avons modélisé une seconde fois la charpente uniquement, sur la plateforme de lancement. La charpente est donc parfaitement rectiligne et repose sur ses appuis provisoires.

### 1) Maillage

Avant de commencer la modélisation, il est important de débiter par la création du maillage. Le maillage permet d'indiquer des axes, que l'on va pouvoir nommer, et qui vont nous permettre d'implanter de la meilleure manière nos éléments. Il est d'autant plus important dans notre cas où l'on souhaite réunir 3 maquettes numériques sur une seule, à la finalité du projet. Chaque équipe doit alors débiter avec des points de référence identiques dans les 3 projets.

Pour notre réalisation nous avons commencé avec un maillage qui comprend les 4 axes qui constituent les appuis (C0, P1, P2, C3). Les axes des bipoutres, et du tablier sont également indiqués sur la vue en plan.

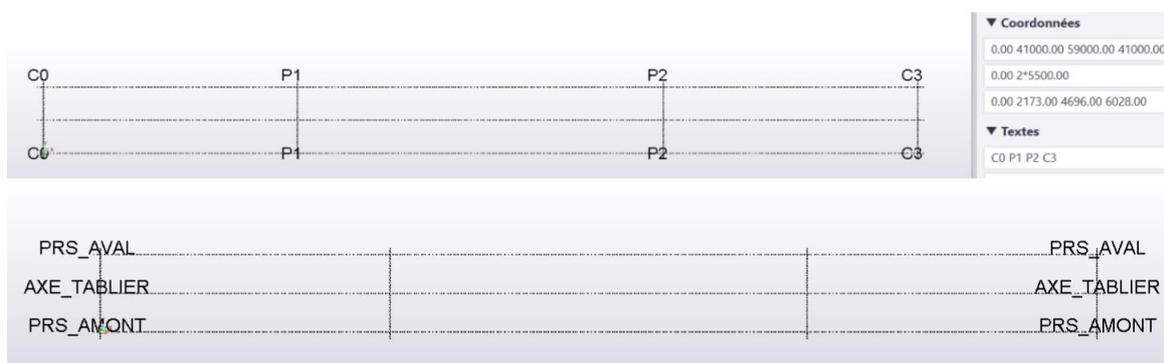


Figure 1 - Maillage vue en plan

Sur l'axe Z, les lignes de maillage nous indiquent l'altitude des parties inférieures du PRS au niveau des 4 appuis.



Figure 2 - Maillage vue en élévation



## 2) Appuis provisoires

Lors de l'arrivée des PRS sur la plateforme de lancement par camions, les profilés sont positionnés sur des appuis provisoires et des appuis de calage. Ces derniers sont retirés lors du lancement pour permettre de "glisser" sur les appuis provisoires. Comme demandé, nous avons réalisé des appuis provisoires que l'on a modélisés à l'aide des photographies à notre disposition. La partie inférieure est un empilement de HEB, que l'on retrouve facilement dans la bibliothèque TEKLA. Pour la partie supérieure, nous avons modélisé ce qui se rapproche le plus des photographies à cause de l'absence de plan.

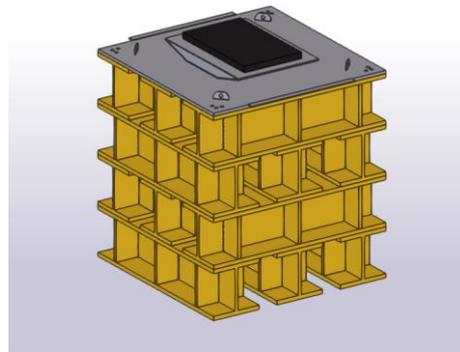


Figure 3 - Modélisation appuis provisoires

## 3) Bipoutre

La charpente est un assemblage de PRS (Profilés Reconstitués Soudés), de pièces métalliques qui constitue le bipoutre en acier S355.

Le bipoutre est séparé en 6 tronçons de longueur respective : 26,6m ; 20m ; 24,5m ; 24,5m ; 20m ; 26,6m. L'intégralité du bipoutre est séparé en 32 tronçons avec inertie variable. Les épaisseurs d'âme et semelle varient entre [40-18-40] ; [60-20-60] ; [80-24-80]. Les plus grosses épaisseurs sont situées au niveau des piles.

Sur l'exemple ci-dessous on voit en rouge la délimitation des tronçons principaux, et en vert les délimitations des portions aux différentes inerties.

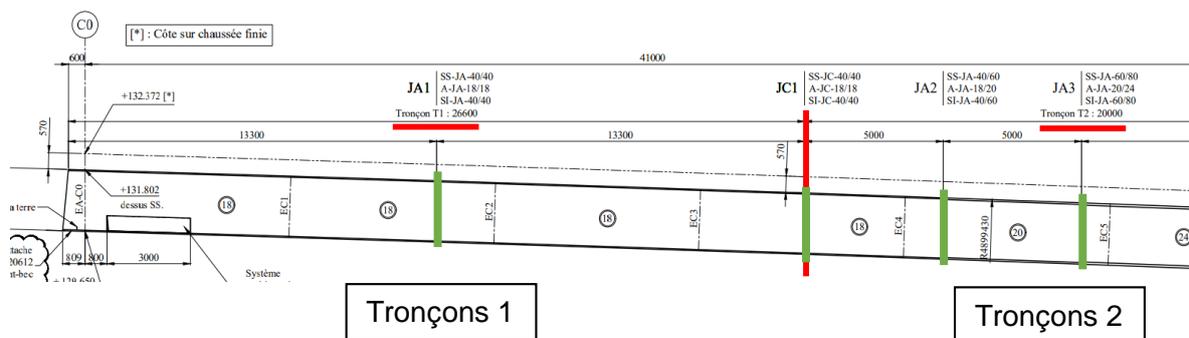


Figure 4 - Extrait plan tronçons bipoutre



Les tronçons sont fabriqués en usine et amenés par convois exceptionnels sur chantier. Une fois sur chantier il reste à souder les différents tronçons.

La charpente est constituée de 3 travées. Elle est composée de 2 travées rectilignes de 41 mètres coté culée et elle est parabolique avec un rayon de courbure de 4900m sur une distance horizontale de 59 mètres en partie centrale. Lors de la visite de chantier nous avons pu voir que la travée centrale de la charpente métallique était parabolique contrairement à ce qui est dessiné sur les plans.

Pour modéliser le bipoutre nous avons commencé par modifier le maillage en y indiquant les endroits où le PRS est coupé. On a modélisé dans un 1<sup>er</sup> temps l'intégralité puis nous sommes venus scinder le PRS. On indique ensuite dans les propriétés de chaque élément les dimensions correspondantes.

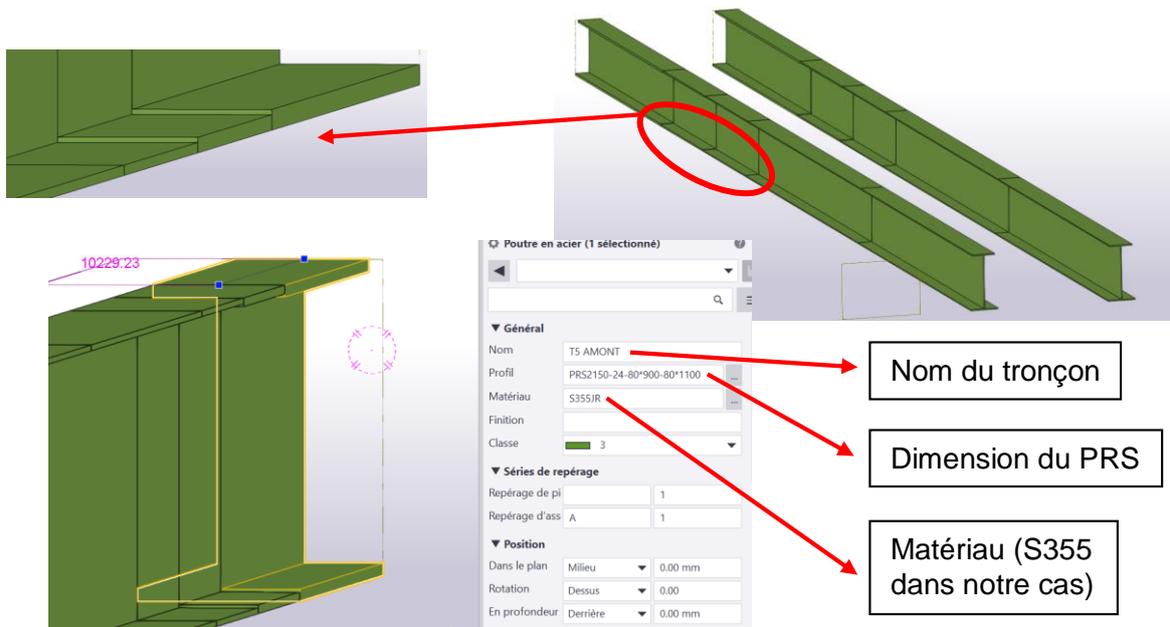


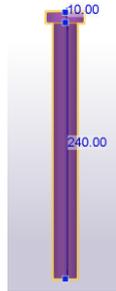
Figure 5 - Détail sur bipoutre



#### 4) Connecteur

Les PRS sont fabriqués avec des connecteurs positionnés sur l'aile supérieure de la semelle. Ils permettent l'ancrage du béton ou du coulis de ciment. La connexion est ainsi parfaite pour résister au cisaillement horizontal. Ils sont soudés en usine avant leur arrivé sur chantier.

Dans notre cas les connecteurs sont des goujons, tous identiques. Le modèle n'étant pas présent dans la bibliothèque nous l'avons réalisé nous-même en assemblant 2 pièces.



A l'aide du plan des connecteurs nous avons ensuite recopier cette élément en respectant les espacements sur toute la longueur de la charpente. Pour faciliter le travail, nous avons utiliser l'outil « Point sur ligne » afin de créer rapidement les bon espacements.

Figure 6 - Détail modélisation connecteur

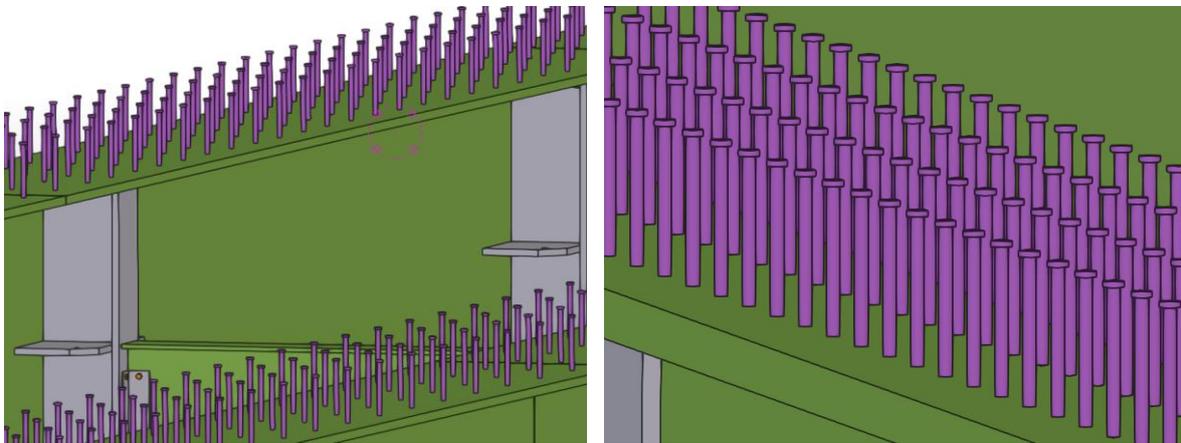


Figure 7 - Vue générale connecteurs



## 5) Entretoise

### a) Entretoise courante

Pour la réalisation des entretoises courante nous avons à nouveau modifié le maillage afin de le faire correspondre à ce que nous avons sur les plans. Ainsi on a fait apparaître en plus des tronçons, la position de chaque entretoise en nommant précisément chaque ligne de maillage.

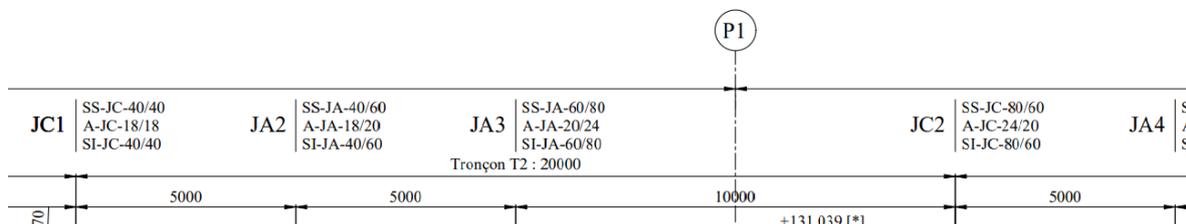


Figure 8 - Extrait plan répartition matière des poutres



Figure 9 - Extrait maillage entretoise

Les entretoises courantes sont perpendiculaires à la semelle supérieure des poutres. Ce qui signifie qu'on a dû modéliser chaque entretoise en ajustant son angle pour correspondre à sa pente suivant sa position sur la charpente.

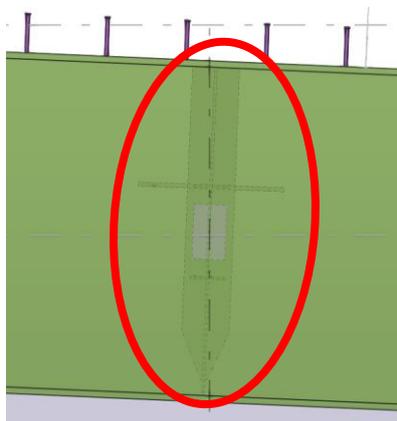


Figure 11 - Position entretoise courante sur la maquette

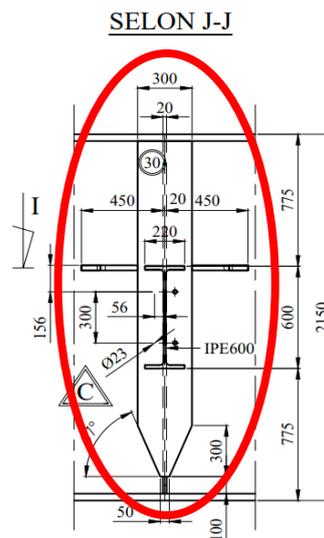


Figure 10 - Extrait plan entretoise courante

Chaque entretoise est modélisé à l'aide des plan. Elles sont modélisé avec un IPE 600, que l'ont trouve dans la bibliothèque TEKLA, et avec des plats que nous avons-nous même dessiné aux bonnes dimensions. Nous avons également modélisé les chanfrein, pour l'écoulement de l'eau, le système de boulonnage, ainsi que les trous qui serviront lors de la phase d'exécution.

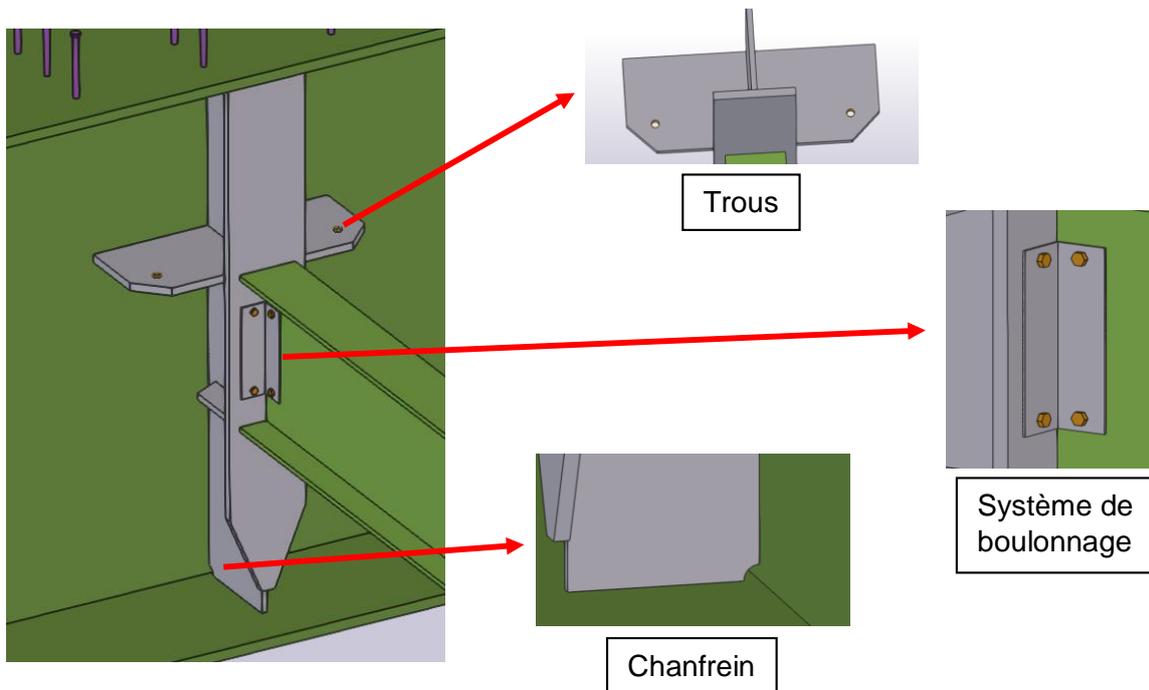


Figure 12 - Détail sur entretoise courante

Une vue d'ensemble des entretoises courantes est disponible en [Annexe 1](#).

### b) Entretoise sur culées

A l'inverse des entretoises courantes, les entretoise sur culées sont positionné verticalement et sont donc plus simple a modélisé. Elles sont identiques sur les culées C0 et C3.

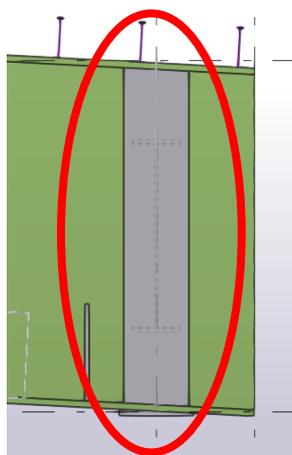


Figure 14 - Position entretoise sur culée sur la maquette

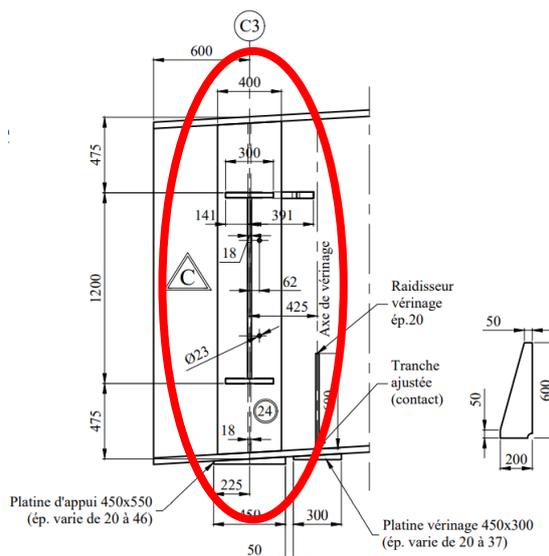


Figure 13 - Extrait plan entretoise sur culées

Les entretoise sur culées sont modélisée avec un PRS1200-18-30\*300. Elles sont entièrement soudées et on note également la présence d'un raidisseur.

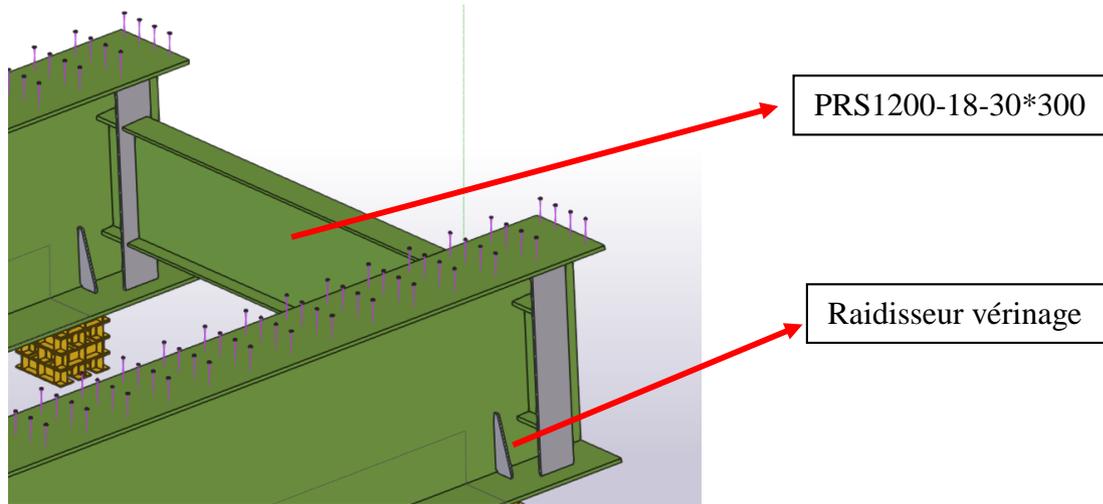


Figure 15 - Détail sur entretoise sur culé

### c) Entretoise sur piles

Les entretoises sur piles sont également orientées verticalement. Elles sont identiques sur les 2 piles mais sont différentes de celles sur culés.

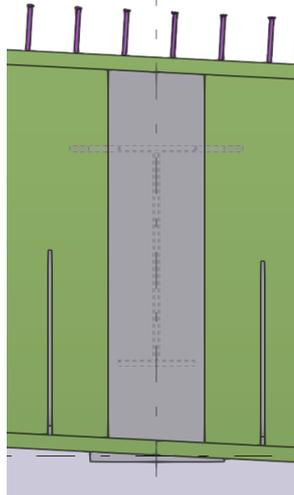


Figure 17 - Position entretoise sur pile sur la maquette

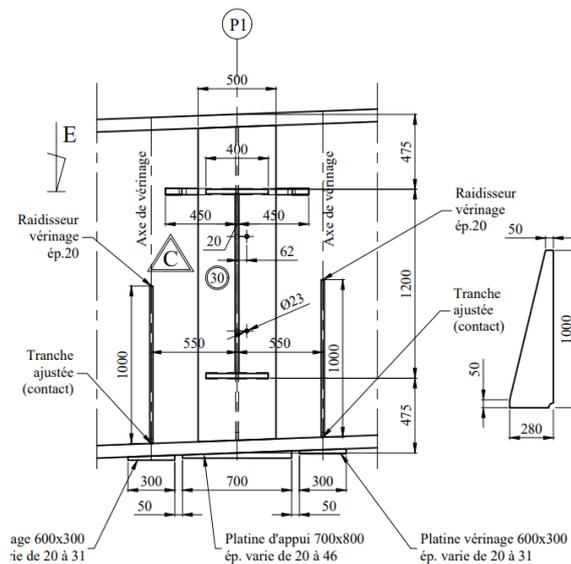


Figure 16 - Extrait plan entretoise sur piles

Elles sont composées d'un PRS1200-20-30\*400 et entièrement soudées. On retrouve cette fois-ci 2 raidisseurs de vrinage qui sont plus grand que les précédents.

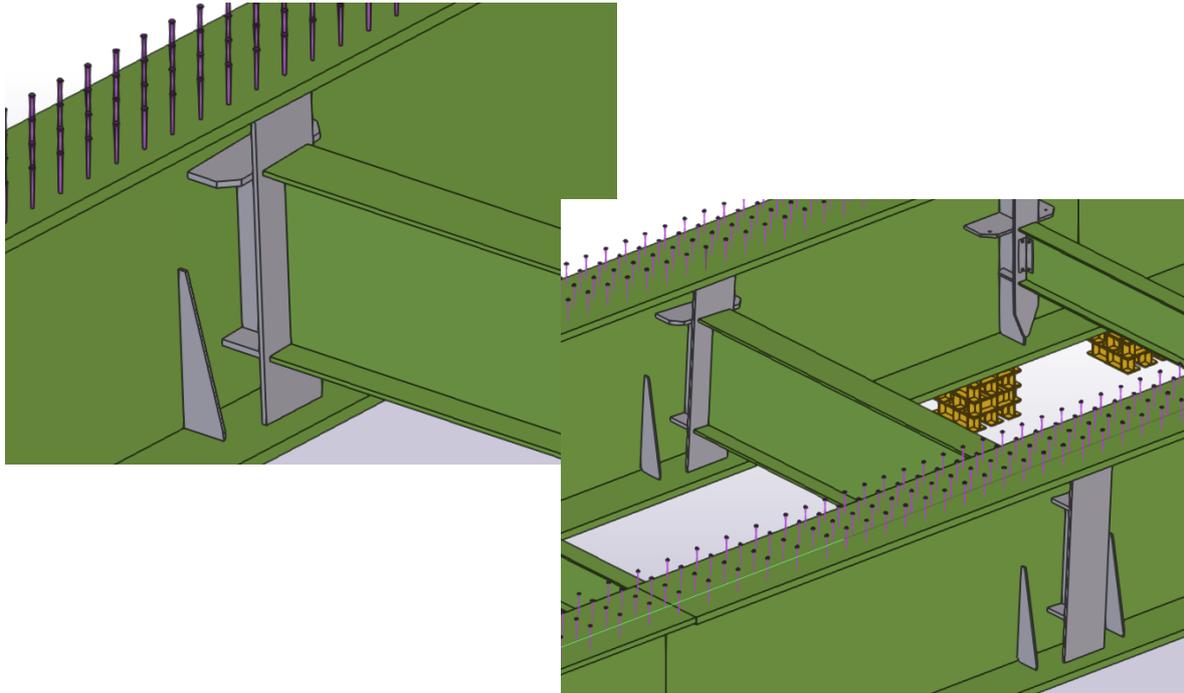


Figure 18 - Détail sur entretoise sur pile

## 6) Système anti-intrusion

Pour terminer la modélisation de la charpente nous avons rajouté les systèmes anti intrusion sur chaque extrémité du bipoutre. Ils permettent de bloquer les potentielles personnes voulant se déplacer sur la partie inférieure du viaduc.

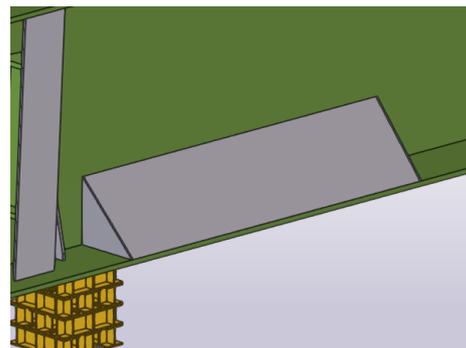
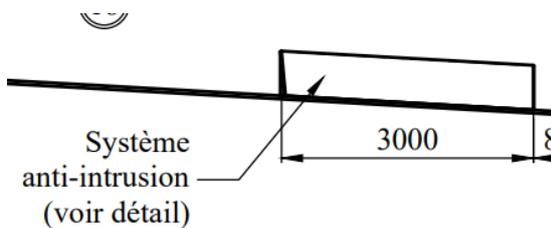
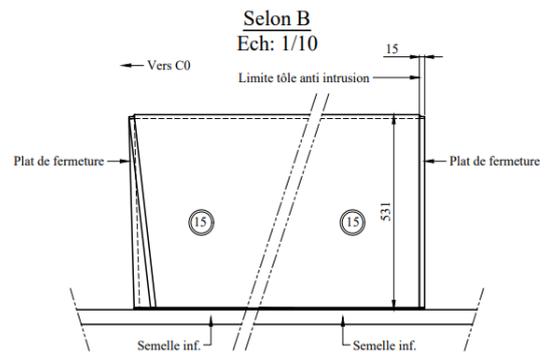
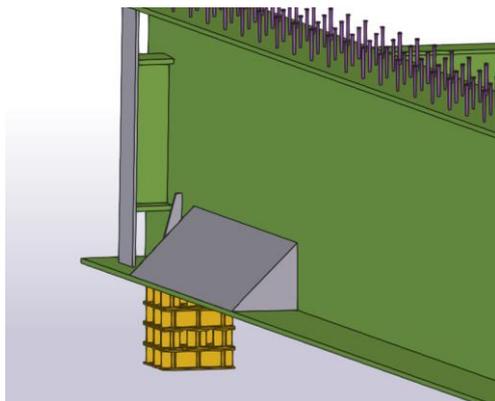


Figure 19 - Modélisation système anti-intrusion



## 7) Avant bec

L'avant bec est un dispositif provisoire qui permet de limiter la déformation du bipoutre et faciliter le déplacement horizontal de la charpente métallique. Il est boulonné et soudé au premier tronçon de celle-ci.

La partie technique de cette modélisation était que nous devons modéliser l'avant bec à l'aide de photo. Cela consiste à trouver les dimensions à l'aide de rapports d'échelles entre les photos et l'ouvrage réels pour passer à la modélisation.

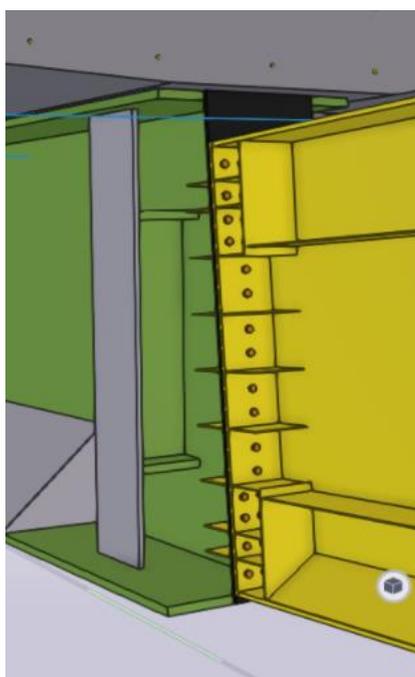
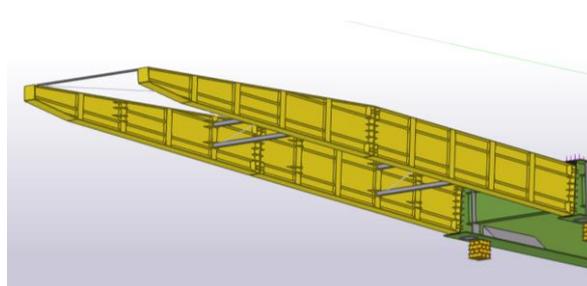


Figure 20 - Modélisation de l'avant bec



### III. Modélisation tablier

#### 1) Elément béton

Le tablier est coulé en place sur une largeur de 11 mètres avec épaisseur variable. Il sert de couche de forme pour la couche de roulement. Le tablier est coulé avec l'aide d'un coffrage qui va pouvoir se déplacer le long de la charpente.

A l'aide des plans nous avons commencé par modéliser le béton. Le tablier est composé de section de 2,420m qui contiennent chacune une cage d'armature.

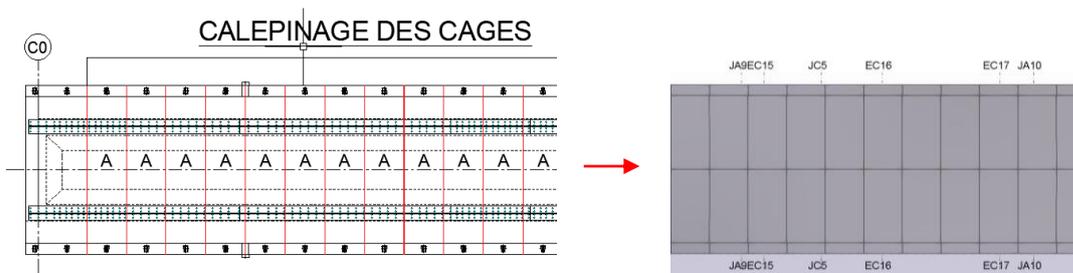


Figure 21 - Calepinage des cales

La coupe transversale nous a permis modéliser dans un 1<sup>er</sup> temps la forme du tablier.

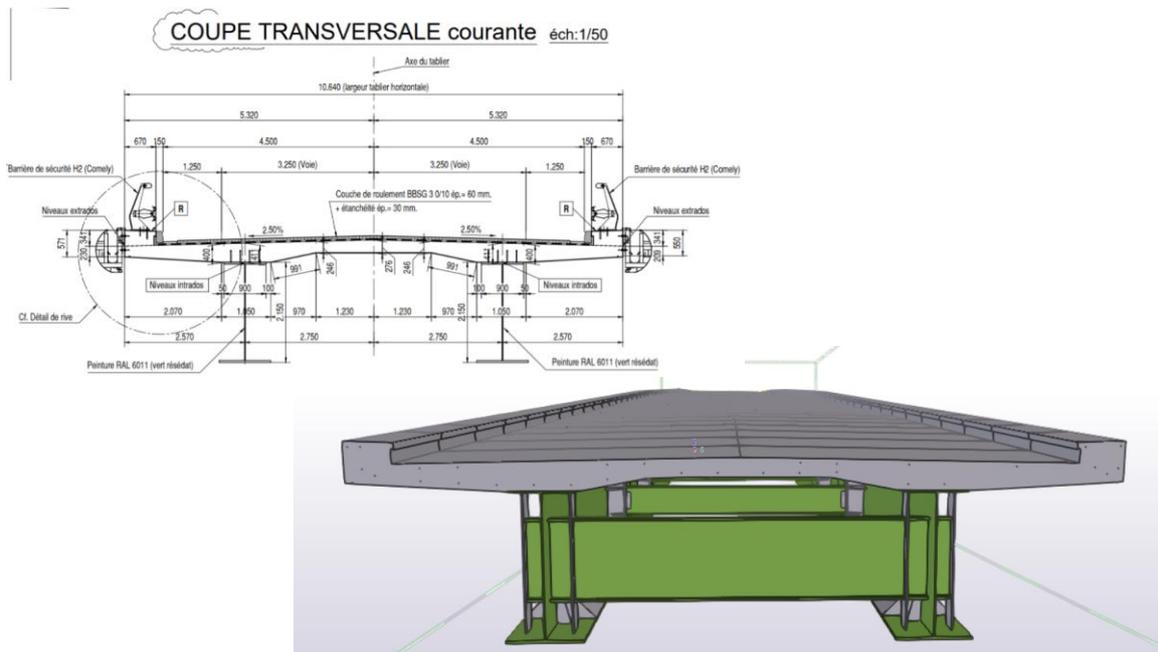


Figure 22 - Modélisation du tablier



## 2) Armature

Une fois la forme du tablier finalisé, il faut alors réaliser le ferrailage. Nous avons à notre disposition les plans de ferrailage. Il a alors fallu créer chaque armature en suivant les informations présente dans le tableau récapitulatif des aciers. Après avoir modélisé une armature on peut la copier puis la décaler suivant les espacements indiqués.

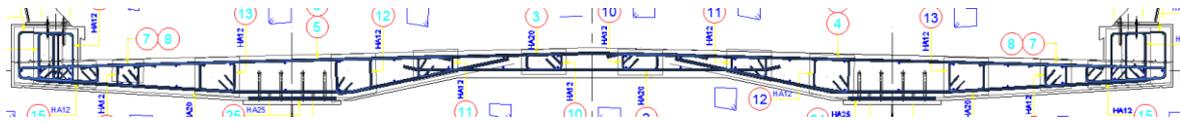


Figure 23 - Extrait du plan de ferrailage

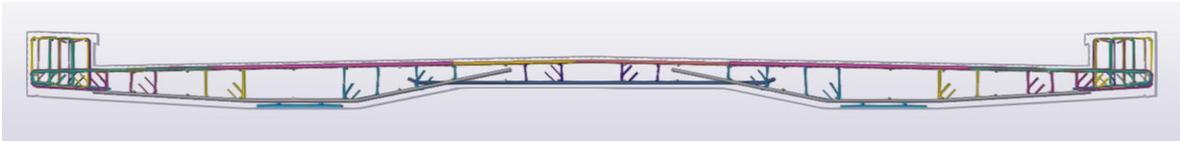


Figure 24 - Ferrailage sous TEKLA

C'est une étape minutieuse où il faut faire en sorte qu'aucun des aciers ne rentre en contact avec un autre. Une fois que l'intégralité de la cage d'armatures est réalisée, on peut la recopier sur l'intégralité du tablier.

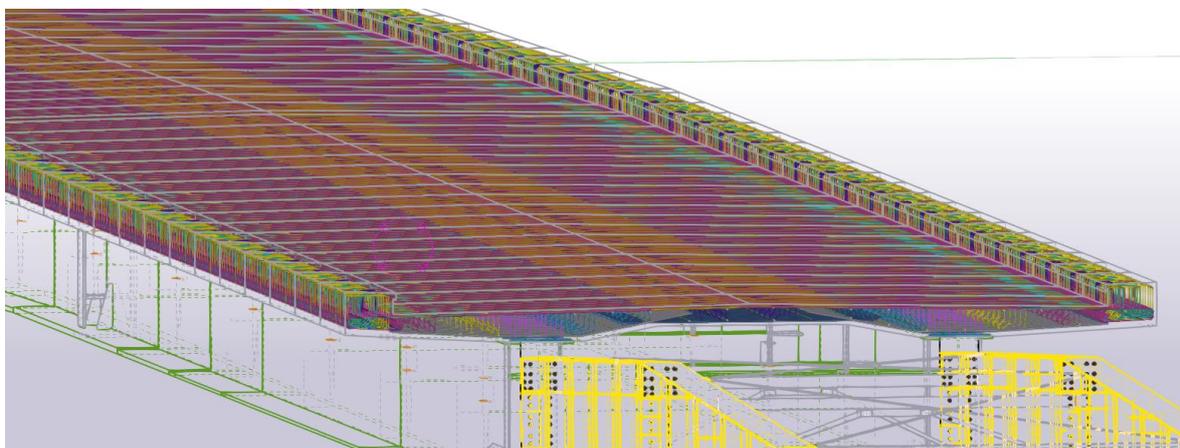
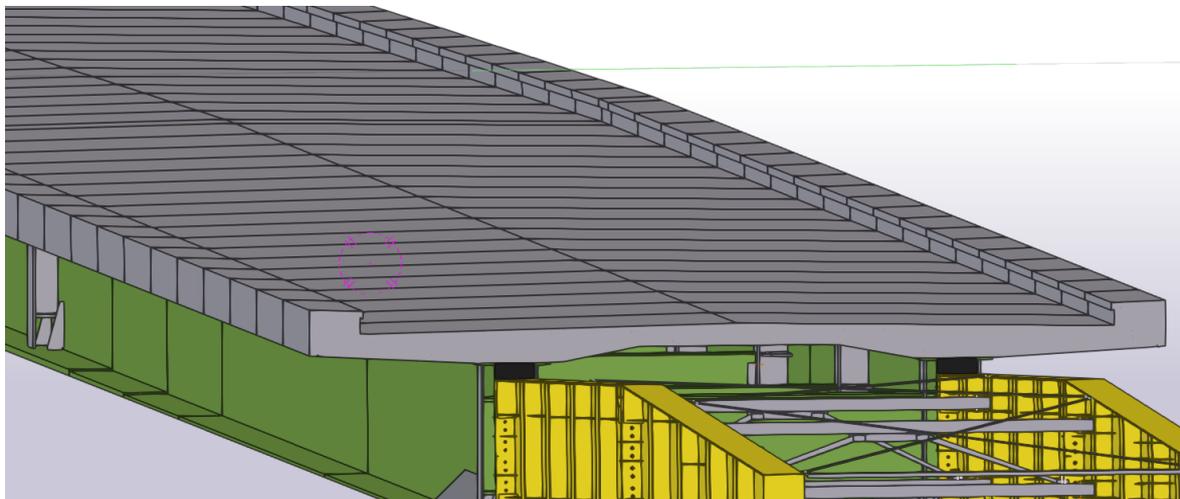


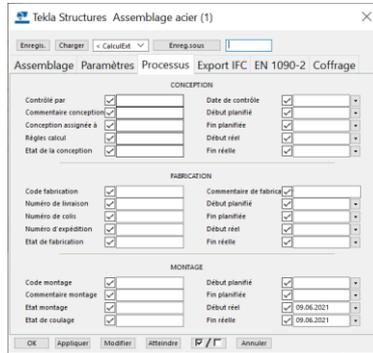
Figure 25 - Vue d'ensemble ferrailage tablier



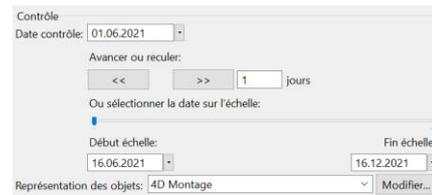
## IV. Phasage de montage sur plateforme de lancement

Tekla Structure est un logiciel qui permet de réaliser grand nombre de production. Parmi celle-ci nous avons réalisé un phasage directement dans Tekla. Celui-ci concerne le phasage du montage sur la plateforme de lancement. Pour cela nous avons réalisé un affichage séquentiel des pièces suivant leur construction.

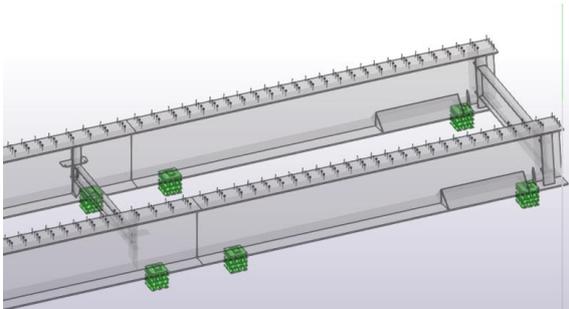
Après avoir assemblé nos éléments on peut venir renseigner dans leurs propriétés des dates de montage, coulage, réalisation par exemple.



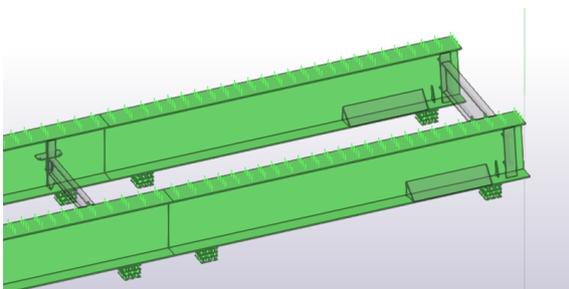
On pourra alors venir faire apparaître nos éléments un par un à la suite des autres directement sur la maquette numérique.



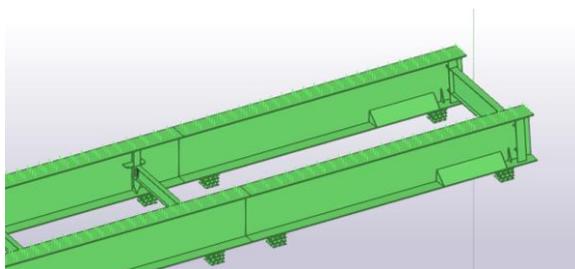
Ci-dessous, un rapide aperçu de notre phasage, et de l'ordre chronologique de l'assemblage des éléments : les pièces nouvelles s'affiche en verte.



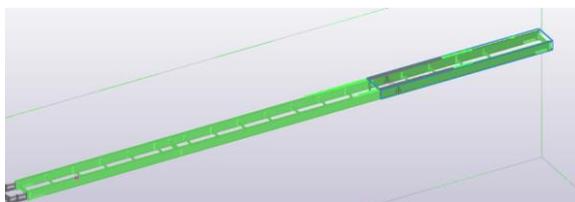
Les appuis provisoires sont installés dans un 1<sup>er</sup> temps.



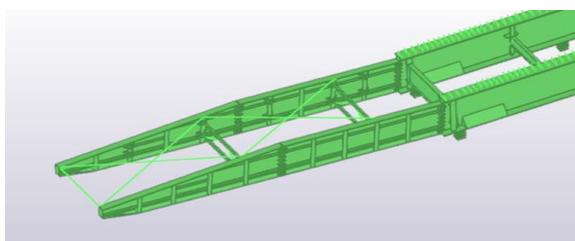
Vient ensuite la pose du bipoutre sur ses appuis provisoires.



A celui-ci on vient rajouter les entretoise sur les appuis, les entretoises courantes, et les système anti-intrusion.



On suit le même principe pour le reste de la charpente.



Pour finir on vient mettre en place l'avant bec en vue du lançage de la charpente

## V. Virtual Tour

Une extension du logiciel TEKLA permet de créer une suite de vue défini au préalable. Après avoir enregistré l'enchaînement de vues nous avons réalisé une courte vidéo de présentation qui compare notre modélisation aux photographies réalisé sur chantier. Celle-ci sera disponible dans le dossier de dépôt du projet.



## VI. Conclusion

Ce projet met fin à nos deux années de DUT Génie-Civil. Il nous a permis de développer les connaissances déjà acquises tout au long de notre formation telle que la lecture de plan ainsi que le travail sur des logiciels de modélisation.

Malgré le choix aléatoire de notre sujet de PFE, nous sommes en fin de compte satisfaits et fiers du travail accompli. Nous avons découvert un logiciel qui nous était inconnu jusque-là. La formation de Mr Pinto et les conseils de Mr Lonjou nous ont permis de prendre rapidement la main le logiciel.

Cependant, dû au retard accumulé suite à des problèmes de licence, nous n'avons pas eu le temps de réaliser l'avant-métré et le quantitatif acier. Également, nous regrettons de ne pas avoir eu le temps d'utiliser davantage le scanner et de découvrir ce qu'il était possible de réaliser avec ce genre d'appareil très sophistiqué.

Nous avons engrangé beaucoup d'expérience sur le logiciel et nous pensons que cela ne peut être que bénéfique pour la suite de notre parcours professionnel.

Cette aventure prendra fin le jeudi 16 juin 2021, par une soutenance orale devant le conseil départementale de Tulle.

Pour finir, nous voulons remercier une dernière fois M. Richard Lonjou pour nous avoir permis de réaliser ce projet.

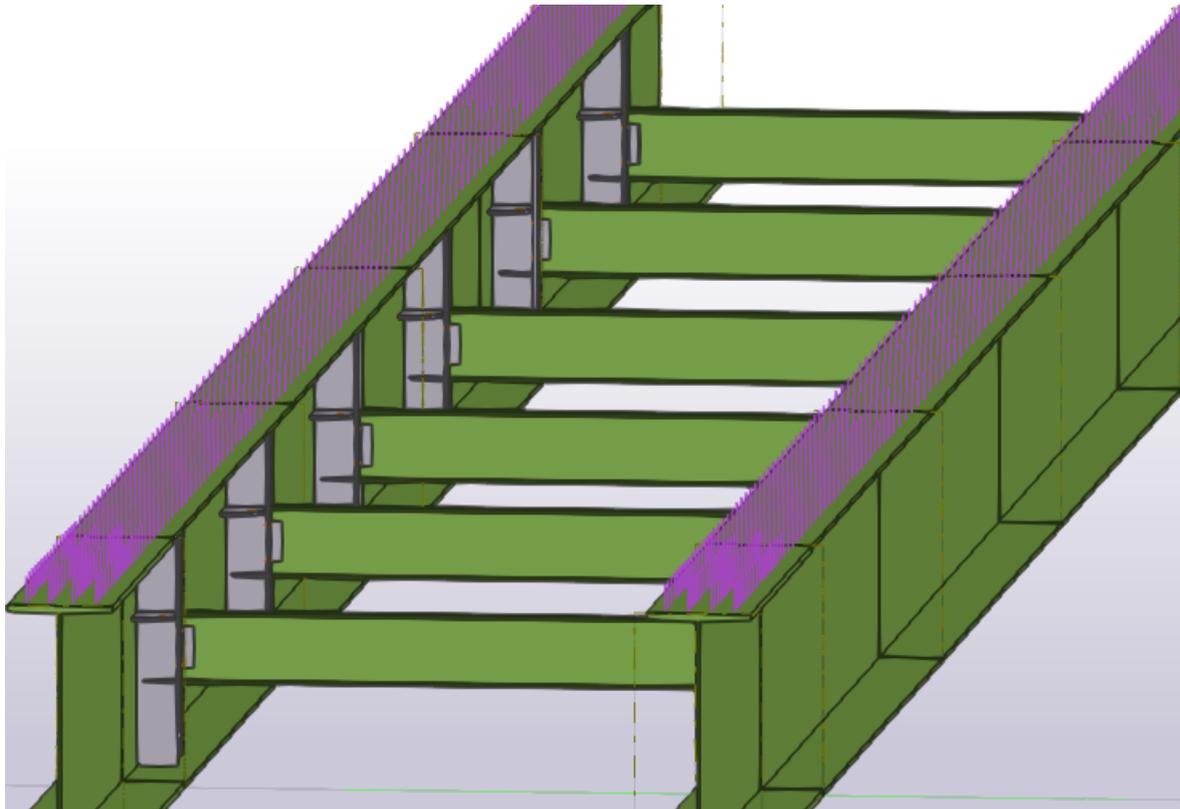


## VII. Table des illustrations

Figure 1 - Maillage vue en plan	2
Figure 2 - Maillage vue en élévation	2
Figure 3 - Modélisation appuis provisoires	3
Figure 4 - Extrait plan tronçons bipoutre	3
Figure 5 - Détail sur bipoutre	4
Figure 6 - Détail modélisation connecteur	5
Figure 7 - Vue générale connecteurs	5
Figure 8 - Extrait plan répartition matière des poutres	6
Figure 9 - Extrait maillage entretoise	6
Figure 10 - Extrait plan entretoise courante	6
Figure 11 - Position entretoise courante sur la maquette	6
Figure 12 - Détail sur entretoise courante	7
Figure 13 - Extrait plan entretoise sur culés	7
Figure 14 - Position entretoise sur culé sur la maquette	7
Figure 15 - Détail sur entretoise sur culé	8
Figure 16 - Extrait plan entretoise sur piles	8
Figure 17 - Position entretoise sur pile sur la maquette	8
Figure 18 - Détail sur entretoise sur pile	9
Figure 19 - Modélisation système anti-intrusion	9
Figure 20 - Modélisation de l'avant bec	10
Figure 21 - Calepinage des cales	11
Figure 22 - Modélisation du tablier	11
Figure 23 - Extrait du plan de ferrailage	12
Figure 24 - Ferrailage sous TEKLA	12
Figure 25 - Vue d'ensemble ferrailage tablier	12

## VIII. Table des matières des annexes

Annexe 1 - Vue générale entretoise courante	1
Annexe 2 - Carnet de bord	2



Annexe 1 - Vue générale entretoise courante

INSTITUT UNIVERSITAIRE  
DE TECHNOLOGIE  
DU LIMOUSIN  
SITE D'EGLÉTONS  
17 Boulevard Jacques Durtou  
10300 EGLÉTONS  
Tél. : 05 55 93 43 14  
Fax : 05 55 93 43 03  
www.iut-est-lim.fr



**CARNET DE BORD PFE 2021**

Titre PFE : Maquette numérique BIM d'un viaduc – Charpente Métallique + Tablier  
Enseignant Tuteur : M. Richard Lonjou  
Vacataire Tuteur : M. Totaro  
Noms des étudiants + groupes TP : Matteo GIRARD 41b – Baptiste SIMONET 43b

Cette feuille est à remplir par chaque étudiant, à déposer sur ~~4 DUT~~ hebdomadairement, et à présenter au jury le jour de la soutenance.



DATES	HORAIRES	HEURES	Activités EFFECTUÉES
<b>Mercredi 26 Mai</b>	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Analyse CCTP, photos Visite du chantier
<b>Jeudi 27 Mai</b>	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Lecture des plans
<b>Vendredi 28 Mai</b>	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Maillage sur Tekla Formation Tekla M.PINTO
<b>Lundi 31 Mai</b>	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Début modélisation Bi Poutre Charte de nommage
<b>Mardi 01 Juin</b>	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Nouvelle visite du chantier Modélisation Bi Poutre + entretoise sur culé et pile Charte de nommage



INSTITUT UNIVERSITAIRE  
DE TECHNOLOGIE  
DU LIMOUSIN  
SITE D'EGLÉTONS  
17 Boulevard Jacques Darc  
19300 EGLÉTONS  
Tél. : 05 55 03 43 14  
Fax : 05 55 03 43 03  
www.iut-unilim.fr



<b>Mercredi</b> 02 Juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Modélisation entretoise sur culé et pile Charte de nommage
<b>Jeudi</b> 03 Juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Modélisation entretoise courante Analyse plan connecteur Charte de nommage
<b>Vendredi</b> 04 Juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Modélisation Platine Chanfrein Charte de nommage
<b>Lundi</b> 07 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Modélisation réservation entretoise courante Début modélisation boulers entretoise courante Charte de nommage
<b>Mardi</b> 08 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Formation Scanner Modélisation boulers entretoise courante Début modélisation Connecteur Charte de nommage
<b>Mercredi</b> 09 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Fin modélisation connecteur Début Modélisation Avant Bec Utilisation du scanner sur chantier Charte de nommage
<b>Jeudi</b> 10 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Lecture de plan de ferrailage tablier Début modélisation armature tablier Modélisation Avant Bec

INSTITUT UNIVERSITAIRE  
DE TECHNOLOGIE  
DU LIMOUSIN  
SITE D'EGLÉTONS  
17 Boulevard Jacques Darc  
19300 EGLÉTONS  
Tél. : 05 55 03 43 14  
Fax : 05 55 03 43 03  
www.iut-unilim.fr



<b>Vendredi</b> 11 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Modélisation armature tablier Modélisation Avant Bec Formation Tekla Mr. PINTO
<b>Lundi</b> 14 Juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Fin modélisation avant bec & beaulage Début rédaction rapport & soutenance Charte de nommage
<b>Mardi</b> 15 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Modélisation appuis provisoires Rédaction rapport & soutenance Réalisation vidéo et montage Virtual TOUR
<b>Mercredi</b> 16 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	Fin rédaction rapport & soutenance
<b>Jeudi</b> 17 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8	<b>Soutenance</b>
<b>Vendredi</b> 18 juin	8h - 12h 13h30 - 17h30	8 h	<b>Soutenance</b>
<b>Samedi</b> 19 juin	8h - 12h	4 h	<b>Soutenance</b>

Annexe 2 - Carnet de bord