

ETUDE ET REALISATION DES METHODES POUR LES CAGES D'ESCALIER DE LA GARE DE MASSY-PALaiseAU SUR LA LIGNE 18 DU GRAND PARIS EXPRESS.

STUDY AND DEVELOPMENT OF METHODS FOR THE STAIRWELLS OF THE MASSY-PALaiseAU METRO STATION ON LINE 18 OF THE GRAND PARIS EXPRESS.



TRAVAIL DE FIN D'ETUDES (TFE)

GARE MASSY- PALaiseAU LIGNE 18-1

Dodin Campenon Bernard - VINCI Construction Grands Projets

Borja SANCHIS NAVARRO

Étudiant étranger

borja.sanchisnavarro@estp.fr

Travaux Publics

TP3C, C2P

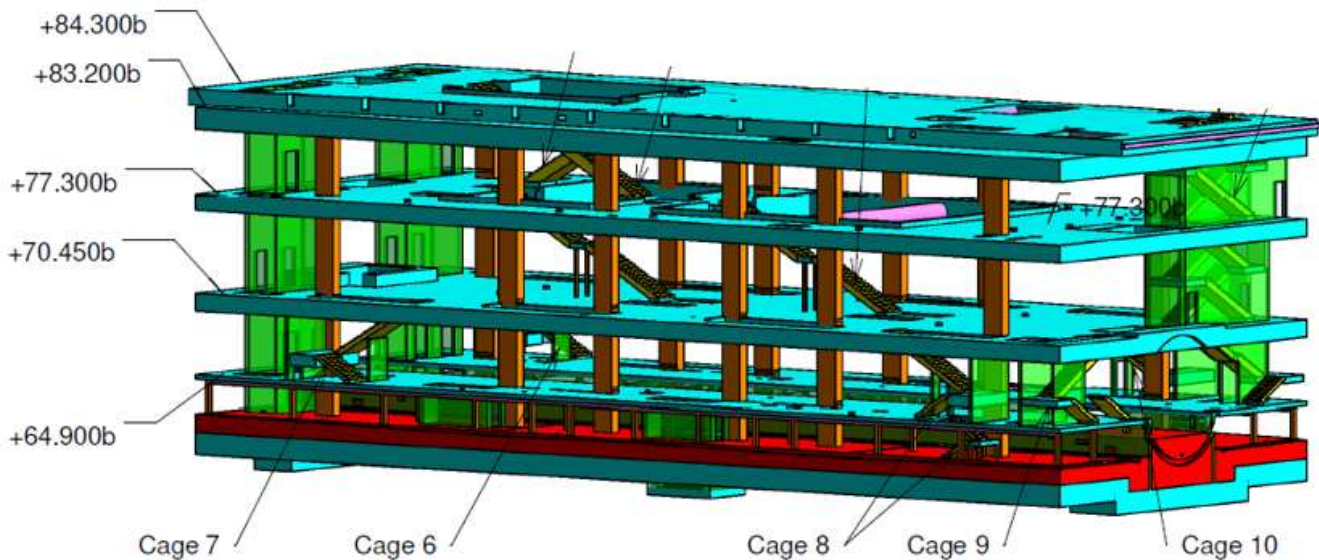
2022-2023

Remerciements

Je tiens à remercier la confiance et l'opportunité que m'a donnée Dodin Campenon Bernard, **Yvan GRAVE** pour la confiance et à tout l'équipe du projet.

En particulier à **Maria Clara MORENO SERNA** et **Hugo SOIVE** par être un exemple professionnel pour avoir montré leur remarquable capacité de travail, ce qui m'a incité à redoubler d'efforts, et par être toujours disponible pour m'enseigner.

Je tiens également à remercier **José DA CRUZ**, **William JOLY** et **Hugo SOLIGNAC** pour avoir contribué à mon apprentissage et pour avoir partagé des connaissances très précieuses.



Résumé

Le projet du Grand Paris Express (GPE) prévoit la construction de 205 km de lignes de métro automatique sur l'ensemble du territoire de l'Île-de-France. Ce projet stratégique métropolitain répond à plusieurs objectifs ambitieux : favoriser le développement économique, lutter contre l'étalement urbain, réduire la pollution. La ligne de métro 18 qui est composée de 3 lots différents. Le lot 1, la partie souterraine, comprend 3 gares, dont l'une est la gare de Massy Palaiseau. La structure de la gare est composée de 4 niveaux différents, le N0, S1, S2, quais et radier. Les travaux sont réalisés entre août 2020 et août 2023, et le passage du tunnelier Céline s'est déroulé en novembre 2022.

Lorsque je suis arrivé à la gare, les travaux étaient en réalisation des quais était en cours d'achèvement. Pendant ces six mois de stage j'ai pu regarder l'exécution de la dalle S2 à partir d'une poutre de ripage pour la mise en place de plus de 30 poutres en T inversé ensuite la dépose du 1er lit des butons. Ainsi la construction des cages d'escaliers, 10 cages d'escaliers au total qui vont du sous quai au RDC, les gaines d'ascenseurs, les poteaux préfondés et des fermetures de trémies provisoires de la dalle N0 et S1.

L'objectif général est de résoudre le problème généré lors de la réalisation de la dalle S2 et de la pose des boutons, car les tâches ont été retardées. Par conséquent, l'objectif est de réaliser les cages dans les délais impartis et de réduire le temps d'exécution grâce à des mesures d'optimisation de planning et des tâches. Tout cela en respectant nos normes de qualité (plan de contrôle, respect du PCO, PFR - plans de coffrage et d'armature), et en accord avec nos règles de sécurité. Avec une analyse complète et réaliste des risques et en apportant mes compétences techniques, l'objectif est de réussir à optimiser les délais et les tâches de manière efficace

Après l'exécution des tâches décrites dans ce document, on peut constater que les objectifs spécifiques mentionnés ont été atteints et que les mesures qui ont été mises en œuvre ont donné une grande valeur au groupe de travail de la Gare de Massy Palaiseau. En permettant et générant cette optimisation du planning et des tâches, libérant de la main d'œuvre pour d'autres tâches afin de permettre la livraison de la station dans les plus brefs délais. Je suis donc heureux de dire que mes compétences techniques et ma rigueur dans la planification ont permis le bon déroulement et la poursuite des travaux.

Mots clés :

- Grand Paris Express (GPE)
- Métro
- Gare
- Cages escalier
- Optimisation
- Innovation

Abstract

The Grand Paris Express (GPE) project involves the construction of 205 km of automatic metro lines throughout the Ile-de-France region. This strategic metropolitan project meets several ambitious objectives: promoting economic development, combating urban sprawl and reducing pollution. Metro line 18 is made up of 3 different batch. Batch 1, the underground part, comprises 3 stations, one of which is Massy Palaiseau station. The station structure comprises 4 different levels: N0, S1, S2, platforms and invert. The work will be carried out between August 2020 and August 2023, with the cross through of the Céline tunnel boring machine scheduled for November 2022.

When I arrived on site, the work on the platforms was nearing completion. During my six-month placement, I was able to watch the construction of the S2 slab using a rip beam to install more than 30 inverted T-beams, followed by the removal of the 1st bed of stop blocks, then the construction of the stairwells, 10 stairwells in all, running from the underpiers to the ground floor, the lift shafts, the precast columns and the temporary closures of the N0 and S1 slab hoppers.

The main objective is to solve the problem that arose during the execution of the S2 slab and the deinstallation of buttons, as tasks were delayed. Therefore, the goal is to complete the cages within the deadline and reduce the execution time through planning and task optimization measures. All of this while adhering to our quality standards (control plan, adherence to PCO, PFR - formwork and reinforcement plans), and in accordance with our safety regulations. With a comprehensive and realistic risk analysis and by contributing my technical skills, the aim is to successfully achieve the optimization of deadlines and tasks.

After carrying out the tasks described in this document, it can be seen that the specific objectives mentioned have been achieved and that the measures that have been provided have given great value to the Massy Palaiseau station working group, enabling and generating this optimisation of planning and tasks, freeing up manpower for other tasks to enable the station to be delivered as quickly as possible. So, I'm pleased to say that my technical skills and rigorous planning enabled the work to proceed smoothly and continue.

Key words:

- Grand Paris Express (GPE)
- Metro
- Station
- Stairwells
- Optimisation
- Innovation

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Liste des abréviations et acronymes..... | 6 |
| 2. Introduction..... | 7 |
| 3. L'entreprise..... | 9 |
| 3.1 Présentation : | 9 |
| 3.2 Stratégie : | 9 |
| 3.3 Identité culturelle : | 10 |
| 3.4 Ma place dans l'entreprises : | 10 |
| 3.4.1 Introduction du projet : | 10 |
| 3.4.2 Equipe : | 12 |
| 4. Cages 6 à 10..... | 14 |
| 4.1 Repérage des cages escaliers..... | 14 |
| 4.2 Hypothèses de départ : | 17 |
| 4.3 Objectifs visés : | 18 |
| 4.4 Plan d'action | 18 |
| 4.5 Mobilisation des ressources nécessaires (humains et matériels) | 24 |
| 4.6 Solutions proposées, interpellation avec l'organisme et solutions retenues..... | 26 |
| + Optimisation planning | 26 |
| + Optimisation de tâche | 32 |
| + Technique | 41 |
| 4.6 Impact sur le développement durable..... | 52 |
| 4.7 Coût du projet..... | 53 |
| 6. Conclusions..... | 56 |
| 7. Liste figures et tableaux | 57 |
| 8. Bibliographie..... | 59 |
| 9. Annexe n°1. Entreprise..... | 59 |
| 9.1 Organisation : | 59 |
| 9.2 Projet : | 62 |
| 10. Annexe n°2. Solutions..... | 64 |
| 10.1 Plan d'action | 64 |
| 10.1 Optimisation planning | 67 |
| 10.2 Optimisation taches..... | 71 |
| 10.3 Techniques | 76 |

1. Liste des abréviations et acronymes

BPE -> Bon pour Exécution
CMU -> Charge Maximale Utile
COP -> Coordinateur des Ouvrages Provisoires
DCB -> Dodin Campenon Bernard
GED -> Gestion Electronique des Documents
GPE -> Grand Paris Express
MO -> Main d'Oeuvre
MOE -> Maitrise d'Oeuvre
PCO -> Plan coffrage
PFR -> Plan ferrailage
PHA -> Phasage
PPM -> Grue Mobile
PRC -> Procédure
REX -> Retour d'Expérience
SGP -> Société du Grand Paris

2.Introduction



Ce Travail de Fin d'Etudes traite de la Gare de Massy Palaiseau de la ligne 18.1 du Grand Paris Express, le plus grand projet de transport d'Europe. Compte tenu de la complexité du projet et du fait que je n'ai pas pu être présent à toutes les étapes du projet, ma contribution ne sera reflétée que dans la partie finale du projet, mon arrivée ayant eu lieu 6 mois avant la livraison après plus de 2 ans de travaux. Lorsque j'ai rejoint les équipes d'exécution, les quais étaient en cours de construction et la dalle S2 restait à construire au moyen d'une poutre de ripage pour la mise en place de plus de 30 poutres en T inversé.

Ensuite, la dépose du 1er lit des butons, que compte tenu de la complexité de la gare située entre les voies de la RATP et de la SNCF, la tolérance de la paroi moule est minimale. Les butons sont donc de grandes dimensions, soit 1,80 mètres de diamètre. Ensuite, la construction des cages d'escaliers, 10 cages d'escaliers au total qui vont du sous quai au RDC, avec plus de 6 types de cages différentes avec des techniques de construction différentes en fonction de la complexité de la cage. Au même temps aussi la réalisation des gaines d'ascenseurs et des fermetures de la dalle NO, c'est-à-dire la dalle du niveau RDC, ainsi que la gestion de l'interface avec l'entreprise Bouygues qui venait de démarrer les travaux d'aménagement (lot 6b). Enfin tous les travaux de finition.

Par conséquent, le sujet de mon TFE est lié aux cages d'escaliers, où j'apporte mes connaissances techniques et logiques développées à l'école et lors de mon apprentissage au TFE ainsi que les connaissances antérieures acquises lors de mon stage 2A pour la réflexion et l'exécution des méthodes les plus adaptées en fonction des contraintes/limites que présente la station ainsi que les outils que j'ai créés pour l'exécution de ces dernières. Ce rapport explique également comment élaborer une tâche de production dans le monde du BTP, en tenant compte bien sûr des facteurs les plus importants tels que la qualité, l'environnement et la prévention avec les compétences apportées pour l'optimisation du temps d'exécution, l'optimisation d'une tâche spécifique en modifiant ou en innovant une méthode et aussi les apports techniques pour réaliser une tâche satisfaisante. Ainsi que le suivi des études (préparation et validation des plans de ferrailage et de coffrage et des plans de préfabrication des escaliers). En plus du suivi et de l'organisation de la fabrication et de la livraison efficace.

Ce mémoire concerne principalement 5 cages d'escaliers, qui peuvent être divisées en 3 types différents en raison de leurs conditions et dispositions particulières. Les cages 6-7 ont une méthode de réalisation particulière raison de leur forme et de leur emplacement au sud de la gare, 8-10 une méthode différente en raison des contraintes liées à l'approvisionnement car elles sont situées au nord et doivent descendre au sous-quais. La cage 9 a des contraintes différentes car c'est un escalier de secours fermé au public. Les cages 6, 7, 8 et 10 quant à elles sont les escaliers publics qui permettent d'accéder aux quais depuis la dalle S2 pour prendre le métro, il y a donc deux cages escaliers de chaque côté du quai et répartis à chaque extrémité (Nord et Sud) puisqu'au milieu de chaque quai, il y aura aussi deux escaliers mécaniques.



This dissertation deals with the Massy Palaiseau station on line 18.1 of the Grand Paris Express, the largest transport project in Europe. Given the complexity of the project and the fact that I was not able to be present at all stages, my contribution will only be reflected in the final part of the project, my arrival having taken place 6 months before handover after more than 2 years of work. When I joined the execution teams, the platforms were under construction and the S2 slab still had to be built using a rip beam to install more than 30 inverted T beams covering almost the entire width of the station, followed by the removal of the 1st bed of stop blocks. Given the complexity of the station, located between the RATP and SNCF tracks, the tolerance of the diaphragm wall is minimal, so the stop blocks are large. This was followed by the construction of the stairwells, 10 stairwells in all, running from the under platforms to the ground floor, with more than 6 different types of stairwells using different construction techniques depending on the complexity of the stairwell, the lift shafts and the closures for the NO slab, i.e. the slab on the ground floor, as well as the management of the interface with the Bouygues company, which had just started the fitting-out work (lot 6b). Finally, all the finish work.

Therefore, the subject of my TFE is related to stairwells, where I bring my technical and logical knowledge developed at school and during my TFE internship as well as the previous knowledge acquired during my 2A work placement for the reflection and execution of the most correct methods according to the constraints/limits presented by the station as well as the tools I have created for the execution of the latter. This report also explains how to develop a production task in the world of construction and public works, taking into account the most important factors such as quality, the environment and prevention, with the skills provided for optimising execution time, optimising a specific task by modifying or innovating a method, and also the technical inputs to achieve a satisfactory task. As well as monitoring studies (preparing and validating reinforcement and formwork plans and prefabrication plans for staircases). In addition to monitoring and organising manufacture and efficient delivery.

This brief mainly concerns 5 stairwells, which can be divided into 3 different types because of their particular conditions and layout. Stairwells 6-7 have one method because of their shape and their location to the south of the station, 8-10 have a different method because of the constraints, as they are located to the north and have to go down to the under platforms, and 9 have another method because it has different constraints and is an emergency staircase that is closed to the public. Stairwells 6, 7, 8 and 10, on the other hand, are the staircases that provide access to the platforms from platform S2 to take the metro, so there are two stairwells on each side of the platform and distributed at each end (north and south), since there will also be two escalators in the middle of each platform.

3. L'entreprise

3.1 Présentation :

Dodin Campenon Bernard, est une filiale VINCI dans la division grands projets ; premier groupe mondial de concession et de construction. Spécialisée dans la conception et la réalisation des Travaux Publics et du Génie Civil, principalement en **France**. En particulier dans le domaine de Génie Civil Industriel et Fonctionnel, les Infrastructures d'ouvrages d'arts et ouvrages souterrains. Elle a également une participation importante dans le Grand Paris Express.

Dodin Campenon Bernard a été créée le 1^{er} juin 2008, née de la fusion entre Dodin et Campenon Bernard TP qui depuis 2003 bénéficiaient de moyens partagés et d'une direction commune. Les deux sociétés ont marqué la profession depuis leur naissance en 1865 pour Dodin et en 1920 pour Campenon Bernard TP.



Figure 1. Rapprochement des sociétés Dodin et Campenon Bernard (2003)

Les valeurs et les compétences partagées au sein de nos équipes font de Dodin Campenon Bernard un acteur fiable et un partenaire efficace dans la réalisation de vos ouvrages d'infrastructures.

3.2 Stratégie :

La stratégie de l'entreprise est très claire et repose sur 4 piliers fondamentaux pour le bon développement de l'entreprise et sa volonté constante d'amélioration. Voici les 4 points essentiels :

Valoriser l'expertise

- sur les chantiers à forte technicité et à forts enjeux

Travailler en partenariat

- avec nos clients et les accompagner dans leurs projets de conception – construction

Développer une culture proactive en matière de prévention

- ayant comme objectif le zéro accident et le dernier point préférer un diagramme visuel type SmartArt voire des vignettes plutôt qu'un long paragraphe

S'inscrire dans une démarche d'amélioration continue

- afin de livrer à nos clients des ouvrages de qualité, dans les délais impartis

C'est aussi une entreprise qui cherche à être un acteur reconnu en faveur de la protection de l'environnement et du développement durable ainsi que développer une politique de « Sous-traitance responsable » en réduisant le risque social dans la chaîne de sous-traitance et développer l'innovation, le BIM et le digital dans nos processus études et travaux.

3.3 Identité culturelle :

Dodin Campenon Bernard est une entreprise qui accorde beaucoup d'attention aux détails et qui met en priorité absolue la satisfaction de ses clients en livrant des ouvrages conformes à leurs attentes. La prévention est autre facteur très important pour la réalisation de ses chantiers, donc, la sécurité n'est plus vécue comme une contrainte mais comme une conviction. De la même manière, conscient des bouleversements climatiques et de l'appauvrissement des ressources, Dodin Campenon Bernard et l'ensemble de ses collaborateurs sont engagés dans une démarche environnementale forte.

3.4 Ma place dans l'entreprises :

3.4.1 Introduction du projet :

Le Grand Paris Express (GPE) est un projet par lequel la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) souhaite étendre la taille de son réseau de transport par train sur l'ensemble du territoire de l'Île-de-France.

Dans l'image suivante, vous pouvez voir comment les nouvelles lignes de métro sont distribuées dans la région parisienne, dans laquelle vous pouvez voir que pratiquement toutes les lignes contournent la ville de Paris, en passant par les villes voisines. De plus, dans la figure 2, vous pouvez voir qu'il y a une partie optionnelle de la ligne 18 qui est prévue pour rejoindre la ligne 15.



Figure 2. GPE 2030

Ensuite, la ligne 18 à laquelle j'ai eu le plaisir de pouvoir apporter mon petit grain de sable. La ligne 18 est une ligne qui veut relier le sud de Paris transversalement à l'ouest, c'est-à-dire de l'aéroport d'Orly à Versailles et puis dans le futur elle rejoindra le nord jusqu'à Saint Denis. Le 18 est actuellement divisé en 3 lots, deux lots souterrains et un lot aérien situé entre les deux autres. La gare de Massy Palaiseau est située dans le lot 1 qui est composé de 3 gares et de 12 ouvrages annexes, il possède également deux tunneliers, le TBM 1 appelé Caroline qui va de OA8 à OA1, et le TBM 2 appelé Céline qui va de TCTO (tranchée ouverte-tranchée couverte) à OA8 et c'est donc lui qui traverse la gare de Massy Palaiseau. Ce sont des tunneliers de 9,15 mètres de diamètre et ils doivent parcourir un peu plus de 6000 mètres à travers un terrain comportant 3 formations géologiques.

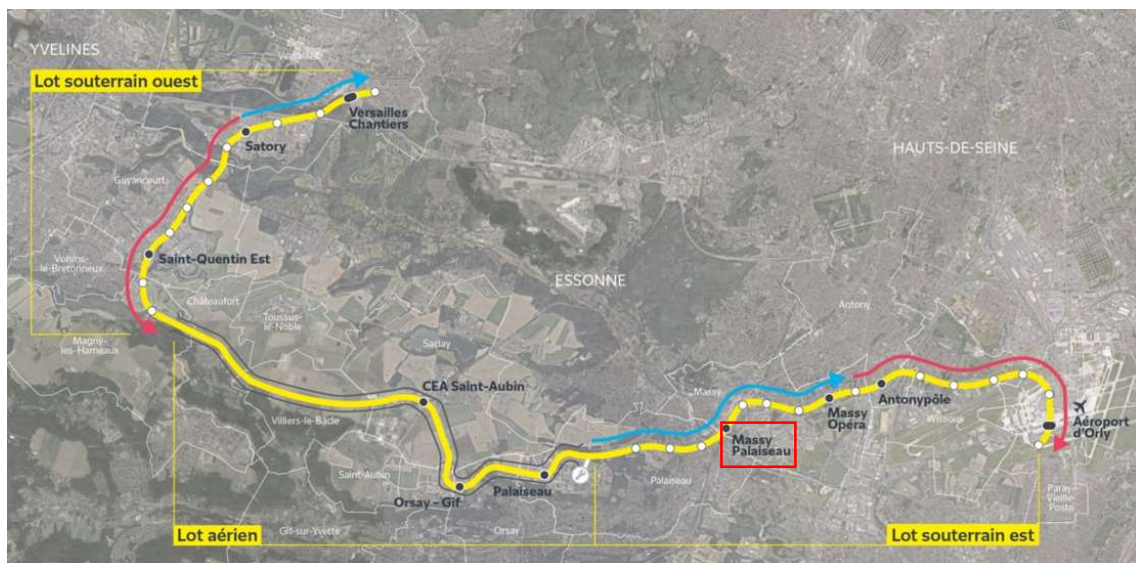


Figure 3. Distribution Ligne 18

Au sein du lot 1 de la ligne 18 j'ai pu évoluer durant ces 25 semaines (21^{ème} février à 10^{ème} aout) de TFE sur le chantier de la gare Massy Palaiseau, l'une des 3 gares du lot. La structure

souterraine de la gare est composée de parois moulées en périphérie, de 4 niveaux allant de la dalle N0 au radier, et de voiles, escaliers, poteaux préfondés entre les niveaux.

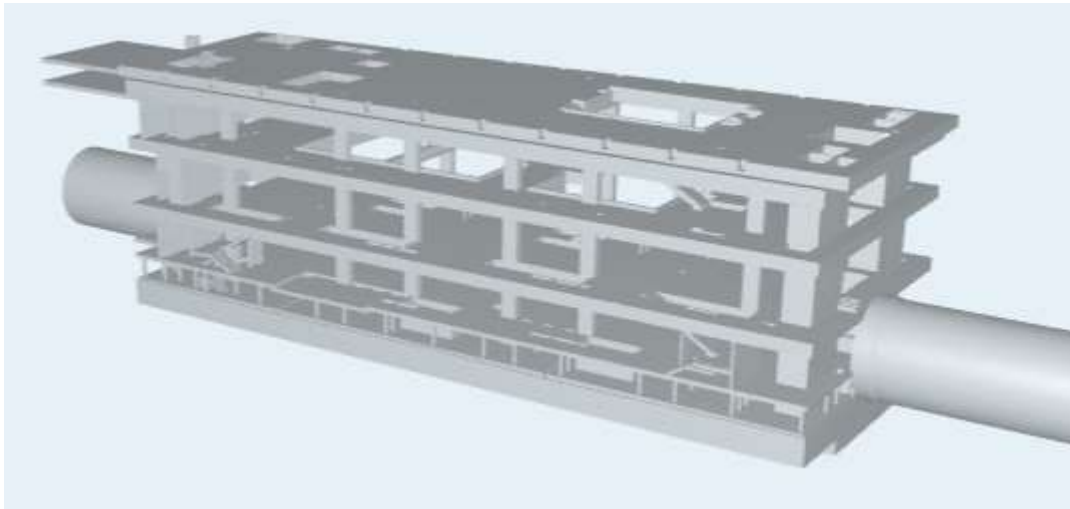


Figure 4. Gare Massy Palaiseau

3.4.2 Equipe :

- L'équipe qui a composé la gare de Massy Palaiseau (chantier) principalement dans la période du stage se trouve dans l'organigramme suivant dans l'équipe de production :

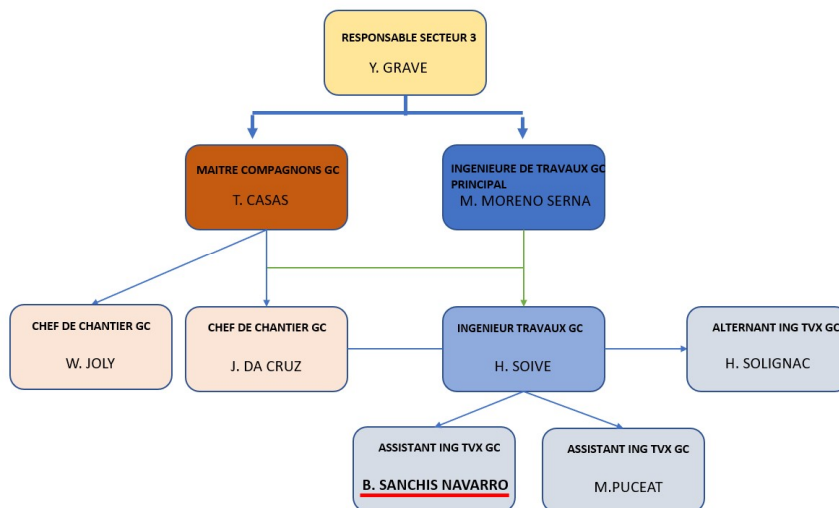


Figure 5. Organigramme production de la gare MAS

D'ailleurs, le maître d'œuvre est Mourad GHARBI.

Parallèlement, l'organigramme de la partie externe (BET structures et MET) de la production et de la partie support (Qualité, prévention et environnement) est présenté ci-dessous.

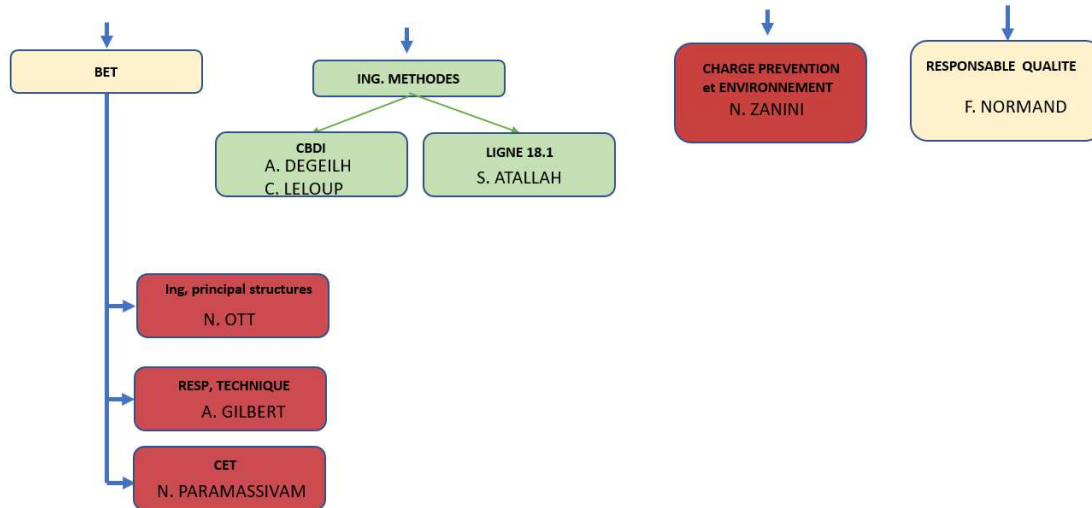


Figure 6. Organigramme de la gare MAS

3.4.3 Fonction occupée :

Durant ces 6 mois, ma fonction principale a été de m'occuper de tout ce qui concerne le mode opératoire et production des cages des escaliers 6 à 10, donc une tâche pluridisciplinaire puisque j'ai dû être en contact permanent avec les différentes sections du groupement de la ligne 18.1 ainsi qu'avec le service des méthodes, Campenon Bernard Dodin Ingénierie (CBDI).

J'ai donc été en communication constante avec les différentes personnes et départements présentés dans la figure ci-dessus, ce qui m'a permis de bien m'intégrer dans les équipes de travail car j'ai pu travailler en étroite collaboration avec elles et montrer mes progrès et mes innovations.

4. Cages 6 à 10

4.1 Repérage des cages escaliers

Avant de présenter les problèmes et solutions apportés au groupement de la ligne 18.1, je voudrais faire un récapitulatif des cages escaliers de la gare de Massy Palaiseau pour mieux comprendre les problématiques et les solutions apportées sinon, il peut être difficile de reconnaître l'emplacement des cages des escaliers et de connaître les différentes solutions pour résoudre les problématiques.

Tout d'abord, se trouve ci-dessous la maquette de la gare de Massy Palaiseau où l'on peut voir tous les éléments qui composent la gare, les 5 cages qui seront décrites dans le document suivant sont réparties dans la gare de la manière suivante :

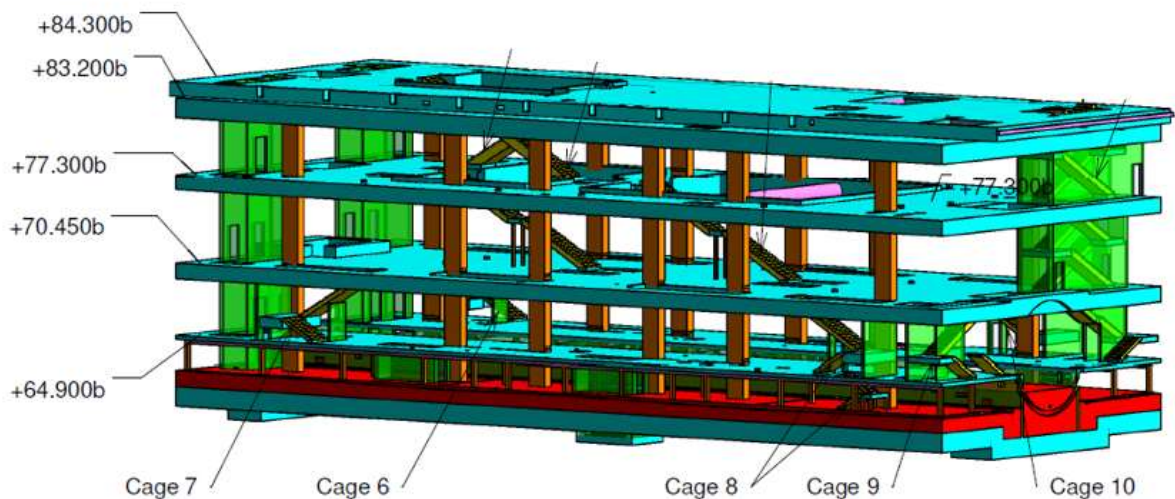


Figure 7. Maquette

Pour une meilleure compréhension, je présente ci-dessous l'emplacement de chaque cage pour le niveau S2 et le niveau quais (S3). Comme vous pouvez le constater, les cages 6 et 10 sont situées du côté Ouest que l'on appelle SNCF car c'est le côté qui fait face au RER C et les cages 7, 8 et 9 du côté Est que l'on appelle RATP car c'est le côté le plus proche du RER B. De plus, les cages sont réparties au Sud et au Nord pour un accès complet des voyageurs à la gare, à l'exception de la 9 qui est un escalier de secours.

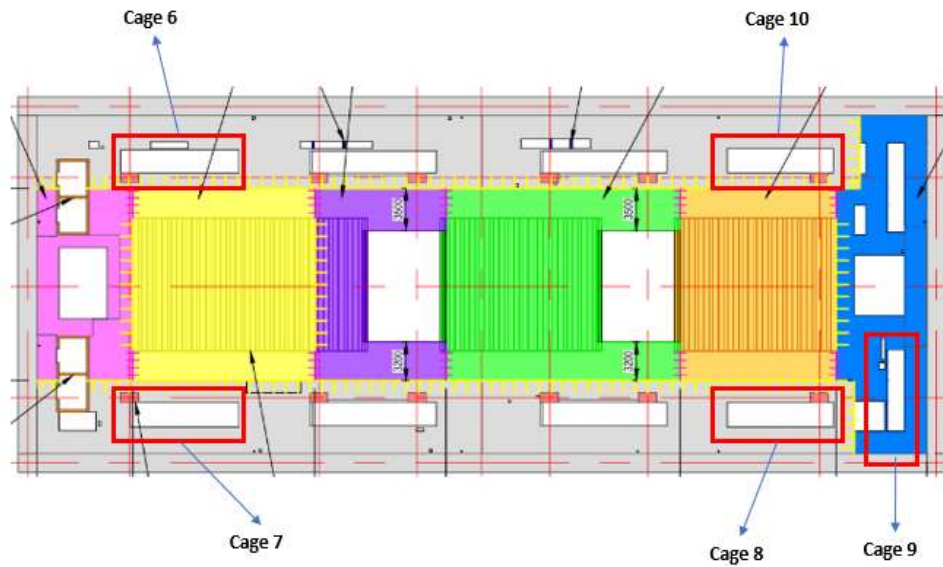


Figure 8. Repérage Niveau S2

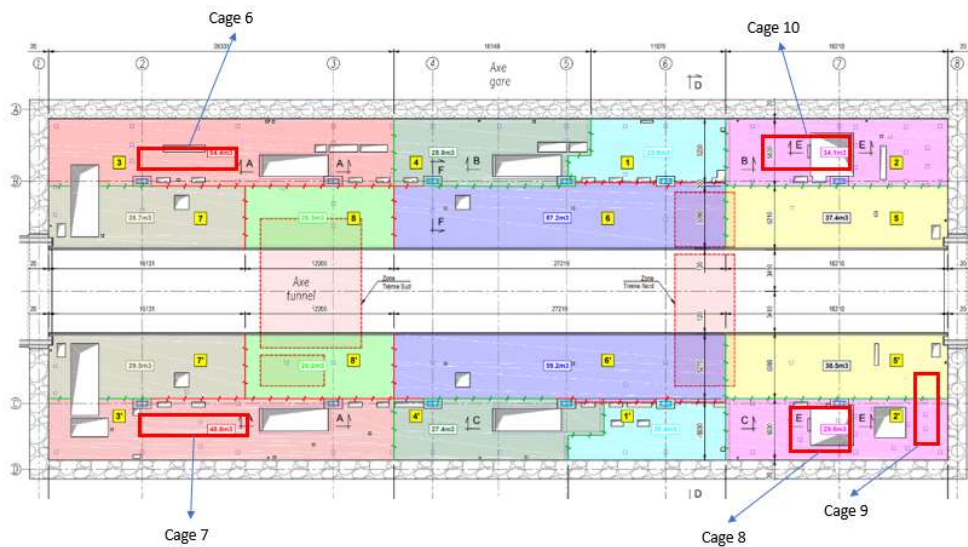


Figure 9. Repérage niveau quai

Ci-dessous, je présente comment sont constituées les cages afin qu'on puisse les visualiser et ainsi mieux les comprendre. Tout d'abord, on commence par les deux cages du Sud, les cages 6 et 7 :

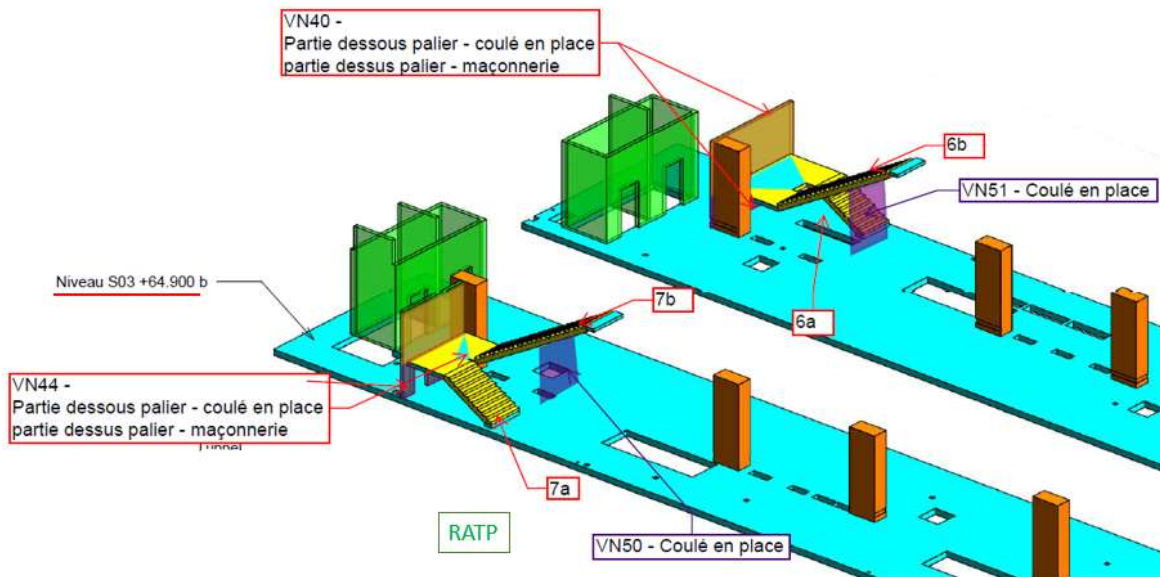


Figure 10. Cages 6 et 7

Je vous montre ensuite les cages situées au nord, c'est-à-dire les cages 8, 9 et 10, où peut être voir que la cage 9 a une typologie et une orientation différentes des autres, et vous pouvez voir les deux poteaux.

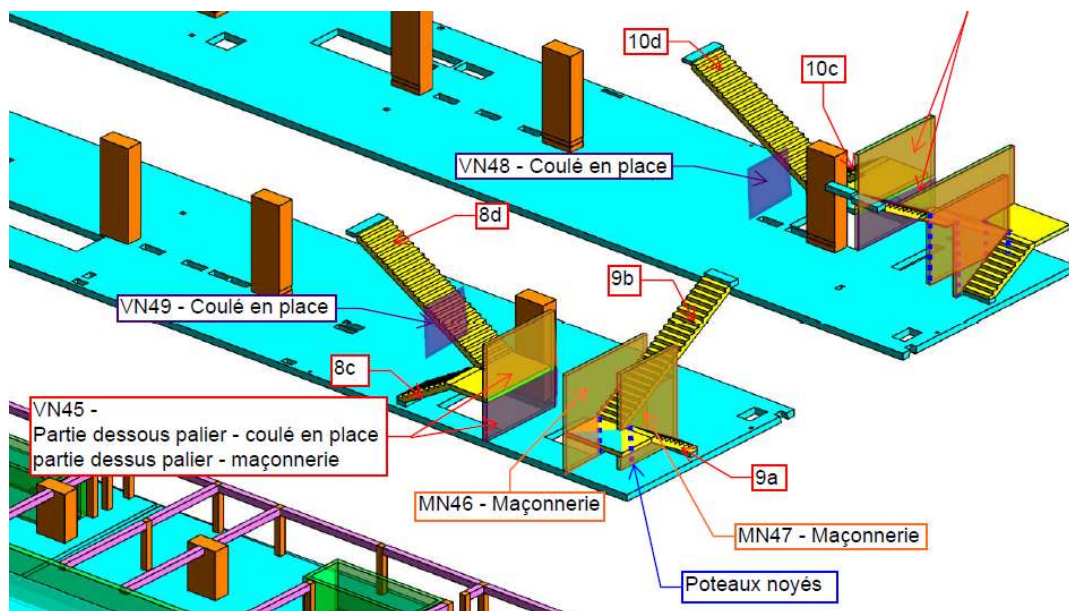


Figure 11. Cages 8, 9 et 10

De plus, comme on peut le voir dans la figure précédente, les cages 8 et 10, contrairement aux autres, ont une trémie sous le palier et ceci parce qu'elles donnent accès aux sous quais au moyen de deux volées et d'un palier intermédiaire, dans la figure suivante on peut voir la

position des volées, de même que j'indique et j'anticipe la position du portique pour sa mise en place, ce qui sera expliqué plus bas.

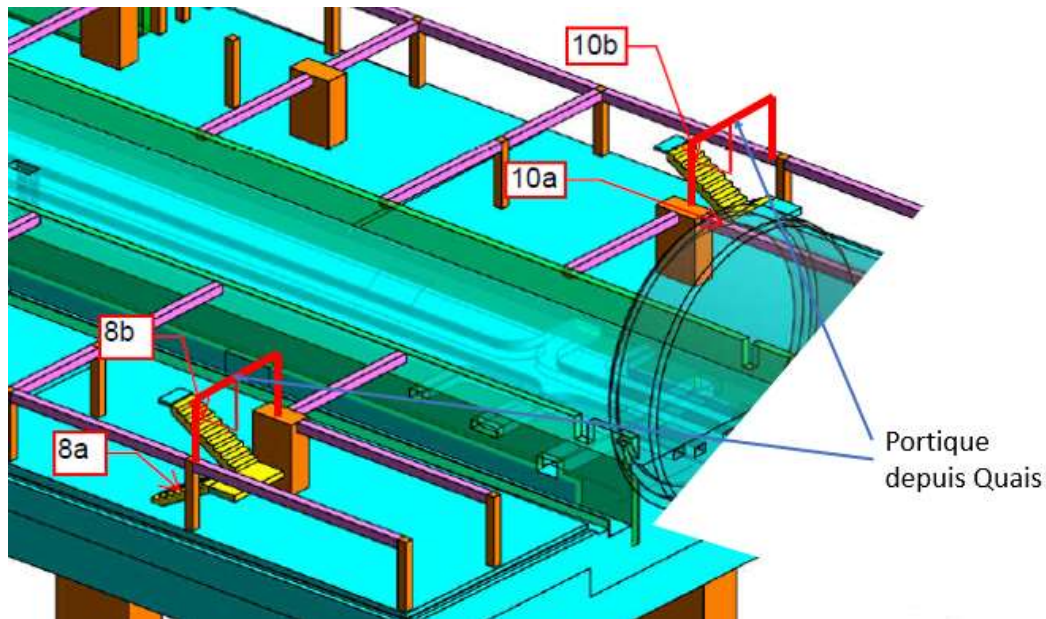


Figure 12. Cage 8 et 10 sous quais

4.2 Hypothèses de départ :

L'hypothèse de départ était d'avoir la responsabilité de tout ce qui concerne la réalisation de 6 à 10 cages d'escalier et de tenter de résoudre toutes les difficultés. Le problème le plus important était le délai très court dont nous disposions pour la réalisation des cages d'escalier en raison des contraintes liées au lot 6b pour la réalisation de la cage ¾. De plus, la réalisation de la dalle S2 et la dépose des butons ont pris plus de temps que prévu, ce qui a entraîné un retard dans la planification générale. Dans le même temps, les escaliers présentent une grande complexité en raison de leur approvisionnement difficile.

Il convient également de mentionner qu'au moment de l'exécution des cages d'escalier, il y a beaucoup de coactivité car c'est la fin du chantier, il y a donc de nombreuses tâches à effectuer en même temps, ce qui rend les opérations à l'intérieur de la Gare difficiles.

Par conséquent, étant donné le délai très court, je propose trois solutions pour résoudre le problème. La première solution consiste en l'optimisation de la planification (mesures qui nous permettront de gagner du temps dans la planification directe). Ensuite, des mesures d'optimisation des tâches, qui simplifieront les tâches pour réduire le temps de main-d'œuvre et ainsi raccourcir le temps d'exécution de la tâche. Enfin, une section technique pour résoudre les questions de méthode.

4.3 Objectifs visés :

Pour résoudre ce problème, il faut atteindre un certain nombre d'objectifs qui, à mon avis, peuvent être divisés en deux : les objectifs généraux du projet et certains objectifs personnels.

+ Objectifs généraux

- Trouver la méthode qui convient le mieux aux caractéristiques du travail en fonction des différents stades d'avancement.
- Effectuer toutes les tâches en toute sécurité, sans accident ni presque-accident.
- Pouvoir réduire au maximum l'impact sur l'environnement en limitant l'utilisation de matériaux inutiles.
- Fournir un travail d'excellente qualité
- Respecter les délais souhaités et, si possible, les exécuter dans les plus brefs délais, et optimiser l'utilisation des ressources de l'entreprise.

+ Objectifs personnels

- Apporter le maximum que je peux donner avec toutes mes connaissances acquises à l'école et dans la période de stage précédente.
- Être capable de résoudre de manière satisfaisante le problème posé par l'entreprise et le projet.
- Me développer en tant qu'ingénieur, la première fois que je prendrai des responsabilités sur un chantier de construction.
- Répondre aux attentes placées en moi pour résoudre le problème et démontrer que l'on peut compter sur moi pour effectuer d'autres tâches.

4.4 Plan d'action

Une fois que j'ai su quelle serait ma tâche, j'ai commencé à examiner les délais dans lesquels je devais obtenir les documents et qui doivent être respectés contractuellement et en plus des délais fixés par les fournisseurs pour recevoir les matériaux fabriqués dans les usines afin de pouvoir les amener sur le site.

Pour élaborer mon plan d'action, j'ai utilisé le planning général de la Gare au moment donné afin de connaître les délais d'exécution et les tâches impliquées dans les cages, comme point de départ. La prochaine figure présente le planning général.

| Cage | Durée | Début | Fin | 1199 | 1199 |
|---|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|
| Cage 9 | 8 jours | Mar 16/05/23 | Mar 30/05/23 | | |
| Etalement | 1 jour | Mar 16/05/23 | Mar 16/05/23 | 1199;990 | 1191;124 |
| Ferrailage palier | 1 jour | Mer 17/05/23 | Mer 17/05/23 | 1190 | 1192 |
| Bétonnage | 1 jour | Lun 22/05/23 | Lun 22/05/23 | 1191 | 1193;119 |
| Pose de l'escalier ES09a | 1 jour | Mar 23/05/23 | Mar 23/05/23 | 1192 | 1215;119 |
| Pose de l'escalier ES09b | 1 jour | Mer 24/05/23 | Mer 24/05/23 | 1193 | 1221 |
| Démontage de l'étalement | 1 jour | Mar 30/05/23 | Mar 30/05/23 | 1192FD+5 | |
| ESC - Escaliers Fixes Public | 36 jours | Jeu 11/05/23 | Mar 04/07/23 | | |
| Dépose des plateaux pour approvisionnement escaliers - Tympan Nord | 1 jour | Jeu 11/05/23 | Jeu 11/05/23 | 1052 | 1199 |
| Dépose des plateaux pour approvisionnement escaliers - Tympan sud et zone centre | 2 jours | Mer 21/06/23 | Jeu 22/06/23 | 1064 | 1205 |
| Approvisionnement des volées basses ES06a / ES07a / ES08a / ES08b / ES08c / ES10a / ES10b / ES10c / ES09a / ES09b | 2 jours | Ven 12/05/23 | Lun 15/05/23 | 1197 | 1201;119 |
| Cage 6 | 10 jours | Lun 12/06/23 | Ven 23/06/23 | | |
| Etalement | 1 jour | Lun 12/06/23 | Lun 12/06/23 | 1199;1025 | 1208;120 |
| Ferrailage palier | 1 jour | Mar 13/06/23 | Mar 13/06/23 | 1201 | 1203 |
| Bétonnage | 1 jour | Mer 14/06/23 | Mer 14/06/23 | 1202 | 1208FD+5 |
| Pose de l'escalier ES06a | 1 jour | Jeu 15/06/23 | Jeu 15/06/23 | 1203 | 1205 |
| Pose de l'escalier ES06b | 1 jour | Ven 23/06/23 | Ven 23/06/23 | 1204;1198 | 1212 |
| Démontage de l'étalement | 1 jour | Mar 20/06/23 | Mar 20/06/23 | 1203FD+5 | |
| Cage 7 | 10 jours | Mar 13/06/23 | Lun 26/06/23 | | |
| Etalement | 1 jour | Mar 13/06/23 | Mar 13/06/23 | 1201 | 1209;124 |
| Ferrailage palier | 1 jour | Mer 14/06/23 | Mer 14/06/23 | 1208 | 1210 |
| Bétonnage | 1 jour | Jeu 15/06/23 | Jeu 15/06/23 | 1209 | 1211;121 |
| Pose de l'escalier ES07a | 1 jour | Ven 16/06/23 | Ven 16/06/23 | 1210 | 1212 |
| Pose de l'escalier ES07b | 1 jour | Lun 26/06/23 | Lun 26/06/23 | 1211;1205 | |
| Démontage de l'étalement | 1 jour | Mer 21/06/23 | Mer 21/06/23 | 1210FD+5 | |
| Cage 8 | 13 jours | Mer 24/05/23 | Lun 12/06/23 | | |
| Etalement | 1 jour | Mer 24/05/23 | Mer 24/05/23 | 1193 | 1216;124 |
| Ferrailage palier | 1 jour | Jeu 25/05/23 | Jeu 25/05/23 | 1215 | 1217 |
| Bétonnage | 1 jour | Ven 26/05/23 | Ven 26/05/23 | 1216 | 1218 |
| Pose de l'escalier préfa ES04a | 1 jour | Mar 30/05/23 | Mar 30/05/23 | 1217 | 1219 |
| Pose de l'escalier préfa ES08b | 1 jour | Mer 31/05/23 | Mer 31/05/23 | 1218 | 1220 |
| Démontage de l'étalement | 1 jour | Jeu 01/06/23 | Jeu 01/06/23 | 1219 | 1221 |
| Etalement | 1 jour | Ven 02/06/23 | Ven 02/06/23 | 1194;1220 | 1222 |
| Ferrailage du palier | 1 jour | Lun 05/06/23 | Lun 05/06/23 | 1221 | 1223 |
| Bétonnage | 1 jour | Mar 06/06/23 | Mar 06/06/23 | 1222 | 1224FD+5 |
| Démontage de l'étalement | 1 jour | Lun 12/06/23 | Lun 12/06/23 | 1223FD+5 | |
| Pose de l'escalier préfa ES04c | 1 jour | Mer 07/06/23 | Mer 07/06/23 | 1223 | 1226 |
| Pose de l'escalier préfa ES08d | 1 jour | Jeu 08/06/23 | Jeu 08/06/23 | 1225 | |
| Cage 10 | 11 jours | Mar 20/06/23 | Mar 04/07/23 | | |
| Etalement | 1 jour | Mar 20/06/23 | Mar 20/06/23 | 1125 | 1229;124 |
| Ferrailage palier | 1 jour | Mer 21/06/23 | Mer 21/06/23 | 1228 | 1230 |
| Bétonnage | 1 jour | Jeu 22/06/23 | Jeu 22/06/23 | 1229 | 1231 |
| Pose de l'escalier préfa ES10a | 1 jour | Ven 23/06/23 | Ven 23/06/23 | 1230 | 1232 |
| Pose de l'escalier préfa ES10b | 1 jour | Lun 26/06/23 | Lun 26/06/23 | 1231 | 1233;123 |
| Démontage de l'étalement | 1 jour | Mar 27/06/23 | Mar 27/06/23 | 1232 | 1235 |
| Etalement | 1 jour | Mar 27/06/23 | Mar 27/06/23 | 1232 | 1235 |
| Ferrailage palier | 1 jour | Mer 28/06/23 | Mer 28/06/23 | 1234 | 1236 |
| Bétonnage | 1 jour | Jeu 29/06/23 | Jeu 29/06/23 | 1235 | 1237 |
| Pose de l'escalier ES10c | 1 jour | Ven 30/06/23 | Ven 30/06/23 | 1236 | 1238 |
| Pose de l'escalier ES10d | 1 jour | Lun 03/07/23 | Lun 03/07/23 | 1237 | 1239 |
| Démontage de l'étalement | 1 jour | Mar 04/07/23 | Mar 04/07/23 | 1238 | |

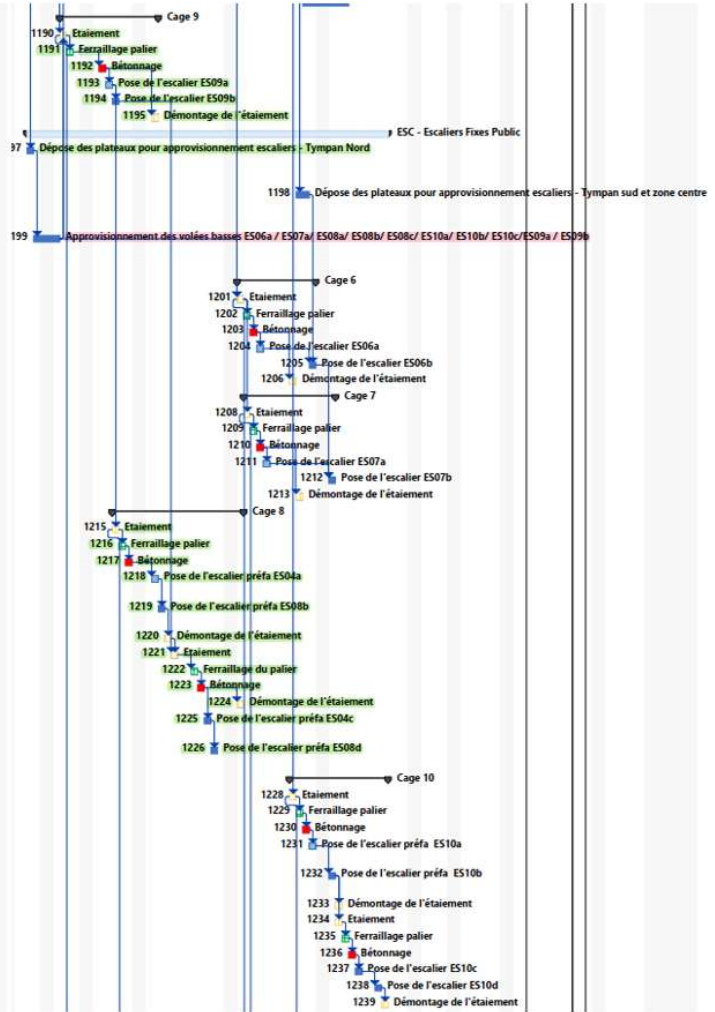


Figure 13. Planning Général

Chez Vinci, la consigne est "produire en sécurité", ce qui implique un dialogue constant et des procédures pour accomplir une tâche. Pour ce faire, une analyse des méthodes à utiliser pour mener à bien l'activité est effectuée à travers des étapes à suivre lors de la conception, puis dans la rédaction de la procédure, et enfin dans la sensibilisation des ouvriers au mode opératoire par le biais du "Pretask". Je présente ci-dessous la figure "Produire en Sécurité".

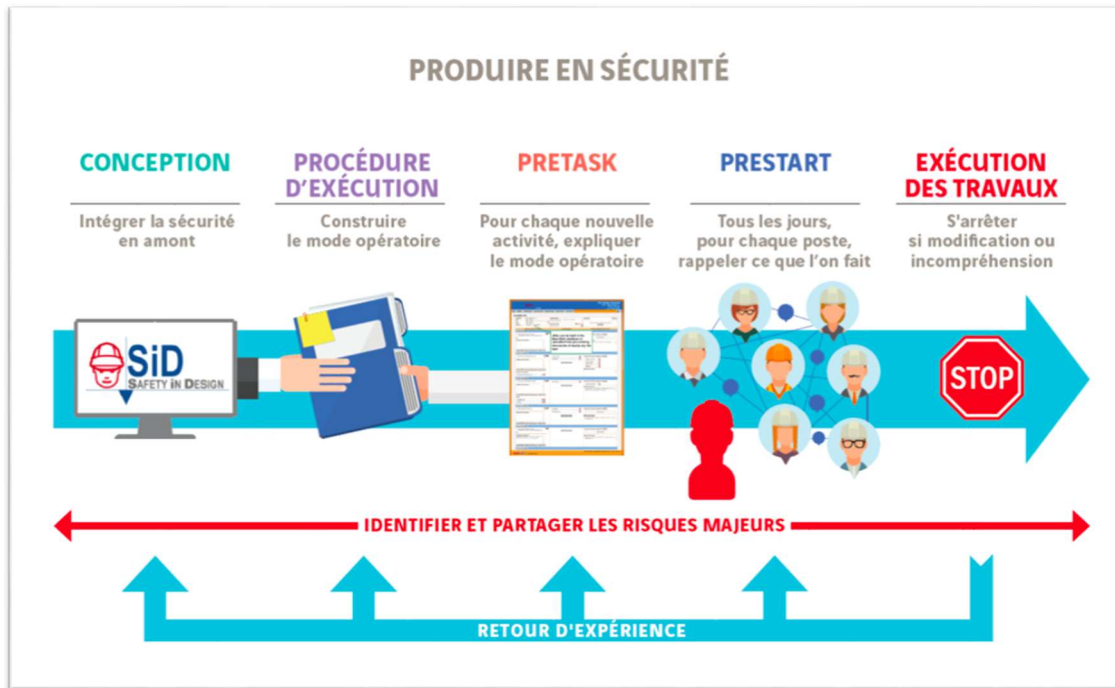


Figure 14. Produire en sécurité.

Par conséquent, en considérant que le Pretask doit être effectué la semaine précédant le début des travaux et que la procédure doit être effectuée idéalement 2 semaines avant le Pretask, nous disposons d'un délai de 2 à 3 semaines pour rédiger le projet. Comme la rédaction de la procédure est une tâche qui prend du temps, puisqu'il faut décrire tout le mode opératoire, les risques, les contrôles de qualité, etc., nous avons un délai de 2 à 3 semaines. Ensuite, le mode de opératoires doit être défini 5 à 6 semaines avant le début des travaux, en ce qui concerne la documentation écrite.

Dans la figure ci-dessous, vous pouvez voir la chronologie en semaines des décisions qui doivent être prises en compte pour le démarrage de la tâche.

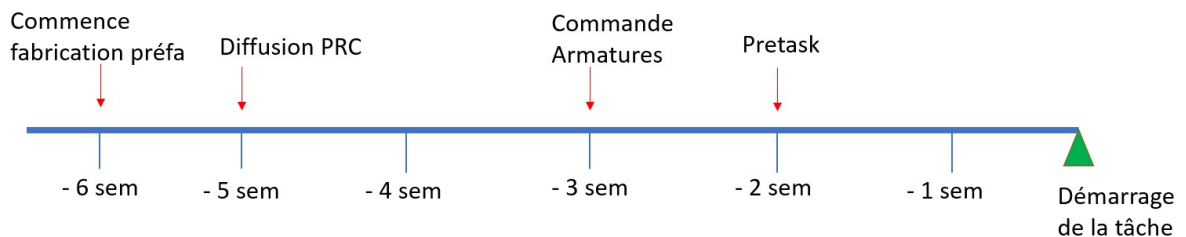


Figure 15. Chronologie avant démarrage de la tâche

Comme pour les documents graphiques, les plans d'étalement, Plan coffrage (PCO) et Plan de ferrailage (PFR) dépendent des délais de livraison des fournisseurs, donc pour les armatures, il faut commander 3 semaines avant le début de l'opération et donc 5 semaines avant la commande il faut avoir les plans car il faut 21 jours ouvrés au client, soit 4-5 semaines pour valider les plans. Pour les plans d'étalement, si l'on passe un contrat avec une entreprise qui fournit les matériaux, elle peut également réaliser les études et les plans, ce qui réduit considérablement le délai de commande.

Comme on peut le voir en jaune dans les tableaux ci-dessus, les dates d'exécution des cages sont marquées, bien que nous les ayons faites plus tard en raison du retard de la dalle S2 et dépose des butons, la coactivité, la disponibilité de la main d'œuvre.

Pour pouvoir connaître les problèmes qui se posent et déterminer les méthodes les plus adaptées, il faut d'abord connaître toutes les caractéristiques des éléments afin de pouvoir les aborder en toute connaissance de cause. C'est pourquoi les dimensions et les volumes des différents éléments qui composent les cages sont indiqués ci-dessous.

Les volées, volume et tonnage

| | Volée | Volume (m3) | Poids (T) |
|---------|-------|-------------|-----------|
| Cage 6 | 6a | 1,49 | 3,7 |
| | 6b | 5,12 | 12,7 |
| Cage 7 | 7a | 1,61 | 4,1 |
| | 7b | 5,55 | 13,8 |
| Cage 8 | 8a | 0,67 | 1,7 |
| | 8b | 0,8 | 2 |
| | 8c | 1,61 | 4,1 |
| | 8d | 5,55 | 13,8 |
| Cage 9 | 9a | 1,23 | 3,1 |
| | 9b | 5,24 | 13,1 |
| Cage 10 | 10a | 0,57 | 1,5 |
| | 10b | 0,78 | 2 |
| | 10c | 1,49 | 3,7 |
| | 10d | 5,12 | 12,7 |

Tableau 3. Métrés Volées

Au total, il y a 7 paliers à réaliser, un pour chaque cage sauf pour les cages 8 et 10 qui, car en plus du palier sur le quai, on doit réaliser celui qui donne accès au sous quai. Les paliers :

| | Palier | Surface (m ²) | Epaisseur (m) | Volume (m3) |
|---------|------------|---------------------------|---------------|-------------|
| Cage 6 | | 15,51 | 0,4 | 6,20 |
| Cage 7 | | 10,75 | 0,4 | 4,30 |
| Cage 8 | Sur quais | 10,37 | 0,4 | 4,15 |
| | Sous quais | 2,59 | 0,3 | 0,78 |
| Cage 9 | | 7,19 | 0,4 | 2,87 |
| Cage 10 | Sur quais | 11,16 | 0,4 | 4,46 |
| | Sous quais | 2,42 | 0,3 | 0,72 |

Tableau 4. Métrés paliers

Aussi, il ne faut pas oublier les massifs d'appui qu'il faut réaliser sur la dalle de quai pour la bonne mise en place de la volée

| Massif appuis | Longueur (m) | Largeur (m) | Surface (m ²) | Hauteur (m) | Volume (m3) |
|---------------|--------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|
| Cage 6 | 1,85 | 0,438 | 0,81 | 0,1 | 0,081 |
| Cage 7 | 2,05 | 0,438 | 0,8 | 0,1 | 0,08 |
| Cage 8 | 2,05 | 0,438 | 0,89 | 0,1 | 0,089 |
| Cage 9 | 1,52 | 0,438 | 0,67 | 0,1 | 0,067 |
| Cage 10 | 1,85 | 0,438 | 0,81 | 0,1 | 0,081 |

Tableau 5. Mètres massifs d'appuis

En plus, la cage 9 est la seule cage parmi la 6 à 10 qui n'est reliée à aucun poteau profondé et bien qu'elle soit reliée de deux côtés à la paroi moule, elle possède deux poteaux.

| | Poteaux | Section (m ²) | Hauteur | Volume (m ³) |
|--------|---------|---------------------------|---------|--------------------------|
| Cage 9 | PT017 | 0,08 | 1,23 | 0,099 |
| | PT018 | 0,08 | 1,23 | 0,099 |

Tableau 6. Mètres poteaux

Voiles, chaque cage est composée d'au moins deux voiles, la cage 9 est composée de deux voiles maçonnées et ensuite les autres cages sont composées de deux voiles coulés en place (CEP) également, seulement le voile situé en dessous et au-dessus du palier peut être divisé en deux phases car le palier doit être fait entre les deux. :

| | Voile | Mode | Surface (m ²) | Epaisseur (m) | Volume (m ³) |
|---------|-------|------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------|
| Cage 6 | VN51 | CEP | 5,22 | 0,2 | 1,05 |
| | VN40 | CEP (1 ^{er} phase) | 6,91 | 0,2 | 1,38 |
| | | CEP (2 ^{ème} phase) | 12,26 | 0,2 | 2,45 |
| | | Talonnette | 1,62 | 0,2 | 0,33 |
| Cage 7 | VN50 | CEP | 5,66 | 0,2 | 1,13 |
| | VN44 | CEP (1 ^{er} phase) | 5,25 | 0,2 | 1,05 |
| | | CEP (2 ^{ème} phase) | 9,31 | 0,2 | 1,86 |
| | | Talonnette | 1,23 | 0,2 | 0,246 |
| Cage 8 | VN49 | CEP | 3,56 | 0,2 | 0,72 |
| | VN45 | CEP (1 ^{er} phase) | 5,25 | 0,2 | 1,05 |
| | | CEP (2 ^{ème} phase) | 9,31 | 0,2 | 1,86 |
| | | Talonnette | 1,23 | 0,2 | 0,25 |
| Cage 9 | VN46 | Maçonnerie | 20,83 | 0,2 | 4,17 |
| | VN47 | Maçonnerie | 14,88 | 0,2 | 2,98 |
| Cage 10 | VN48 | CEP | 3,41 | 0,2 | 0,68 |
| | VN41 | CEP (1 ^{er} phase) | 5,89 | 0,2 | 1,18 |
| | | CEP (2 ^{ème} phase) | 10,45 | 0,2 | 2,09 |
| | | Talonnette | 1,38 | 0,2 | 0,28 |

Tableau 7. Mètres voiles

4.5 Mobilisation des ressources nécessaires (humains et matériels)

Un projet de cette ampleur implique une mobilisation importante de personnel, les équipes de travail étant diverses selon les domaines.

En partant de la main d'œuvre jusqu'à l'échelon plus haut, je commence avec les compagnons qui permettent la réalisation directe, on estime un besoin de 23 compagnons différenciés en personnel propre et sous-traitant comme Sendin (armaturier), Mills (monteur d'étaie) et Proalliance (maçon). Le tableau suivant montre la répartition.

| Personnel | Nombre | Compétences / formations nécessaires |
|---|--------|--|
| Atelier ferrailage – Sous-traitant SENDIN | | |
| Chef d'équipe | 1 | |
| Compagnon | 3 | |
| Chef de manœuvre | 1 | |
| Atelier Coffrage/ Bétonnage – Personnel propre | | |
| Chef d'équipe | 1 | |
| Coffreur | 3 | CACES R486 Catégorie A |
| Technicien géomètre | 1 | |
| Grutier | 1 | Montagruie |
| Chef de manœuvre | 2 | Formation de chef de manœuvre et élingage + identification visuel (Casque jaune) |
| Atelier Etaieiment – Sous- traitant MILLS | | |
| Chef d'équipe | 1 | |
| Compagnon | 4 | |
| Atelier Coffrage/ Bétonnage – Sous- traitant PROALLIANCE | | |
| Chef d'équipe | 1 | Maçon |
| Compagnon | 4 | Maçon |

Tableau 8. Personnel

Ensuite, en commençant par l'encadrement direct, nous avons les deux chefs de chantier Jose Da Cruz et William Joly qui sont chargés de diriger les opérations, ainsi que le topographe qui implante les éléments qui composent les cages, puis il y a les ingénieurs travaux et/ou l'assistant, c'est-à-dire Hugo Soive et Borja Sanchis, moi. En outre, la directrice de la Gare Maria Moreno qui vérifie toutes les opérations et, en même temps, le directeur du secteur Yvan Gravé les valide. Sans oublier le Maître Compagnon Thierry Casas qui suit toutes les opérations et qui, en cas de doute ou d'incertitude, les résout.

En outre, la procédure doit faire l'objet d'un contrôle externe du document qui les implique dans le suivi et le contrôle des tâches lorsque cela s'avère nécessaire. Les contrôles externes sont consacrés à la prévention, à l'environnement et à la qualité. Dans le cas présent, le responsable de la prévention et de l'environnement est Nicolas Zanini et le responsable de la qualité est Frédéric Normand. Il faut également ajouter que le responsable de la prévention de Dodin Campenon Bernard, Francisco Goncalves a apporté sa grande expérience dans la partie prévention dans la procédure qui m'a permis d'améliorer et avoir beaucoup plus de connaissance et sensibilisation dans ce domaine.

Du côté technique, nous avons les méthodes CBDI composées de Camille Leloup et Aurélie Degeilh qui réalisent le phasage et nous nous réunissons tous les mardis pour transmettre les

idées que nous avons, les problèmes et les solutions afin de les inclure, de les vérifier et de les valider dans le phasage pour que nous puissions l'exécuter. Du côté technique, nous avons Audrey Gilbert qui est la responsable technique des plans de coffrage (PCO) et plan ferrailage (PFR) parmi d'autres tâches.

Parallèlement, il y a aussi une mobilisation et une interaction avec le personnel des fournisseurs pour obtenir la meilleure offre et avec le service après-vente/ location pour programmer les livraisons aux dates souhaitées, entre autres. Les entreprises avec lesquelles nous avons travaillé pour la mise en œuvre des 5 cages sont les suivantes : Sendin, Mills, Guillerm, Hilti, SAS Comat, Chastagner, Doka, Tarare Bois, Kiloutou, Proalliance, Faust, PointP et Montagrués.

4.6 Solutions proposées, interpellation avec l'organisme et solutions retenues

Dans la section suivante, les mesures prises pour mener à bien les travaux des cages d'escalier sont décrits. Elles sont divisées en 3 groupes, les deux premiers concernent l'optimisation (planning et tâche) où l'objectif est de réduire le temps de la tâche et la durée du travail, tandis que le troisième groupe traite des problèmes techniques. Dans la figure ci-dessous, je présente un schéma pour une meilleure identification.

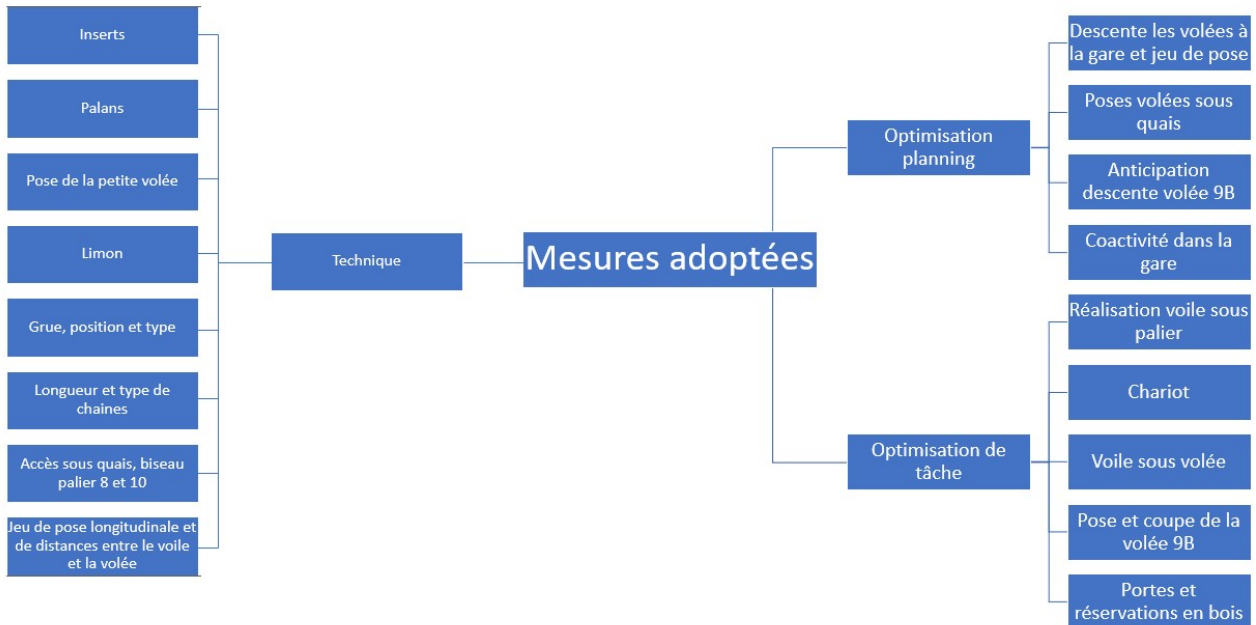


Figure 16. Mesures adoptées

+ Optimisation planning

- **Descente les volées à la gare et jeu de pose**

Le premier problème était de savoir comment placer les escaliers, à quel niveau les descendre avec la grue pour pouvoir les soulever et les placer à l'aide des palans et des inserts sur la sous-face de la dalle S1. En raison de la pression du délai, puisque les premiers travaux d'étaieement du plot 10 de la dalle S2 ont commencé le 10 avril. Il fallait préparer les plans et commander la fabrication des volées, , c'était un peu précipité, il a donc fallu essayer de trouver une alternative si possible.

Une des propositions que j'ai faite a été de contrôler le jeu de pose de chaque trémie avec son escalier, pour vérifier qu'il pouvait être réalisé directement par le niveau S2 et non par le S3 et ainsi avoir plus de marge de temps et exécuter les travaux une fois que la dalle S2 soit faite et aussi le déboutonnage avaient été réalisés.

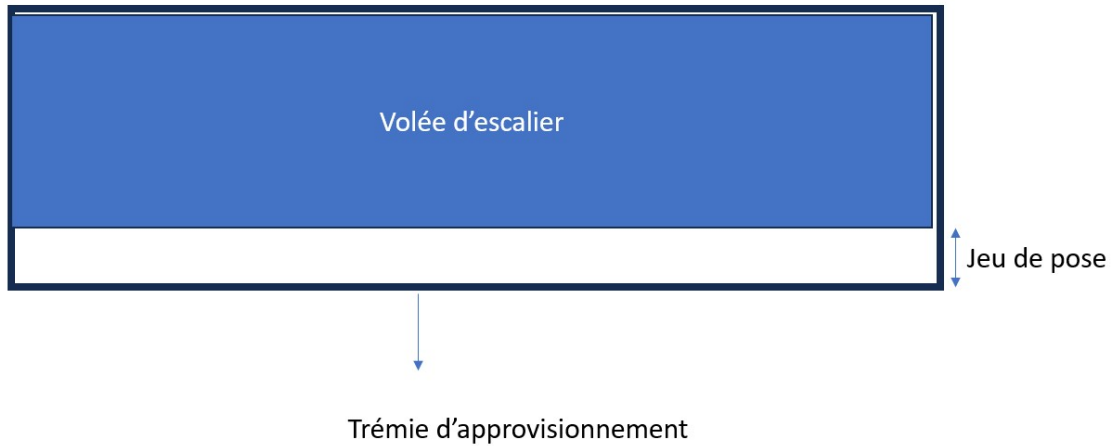


Figure 17. Trémie d'approvisionnement

Une fois le problème connu et après consultation directe avec l'équipe de travail, il a été décidé qu'il était possible de procéder de cette manière (descendre jusqu'à la dalle S2 et la descendre par la trémie d'approvisionnement) et la sans devoir descendre les escaliers jusqu'aux quais, ce qui impliquerait un travail supplémentaire tel que l'étaisage des sous quais pour résister au poids des grandes volées, ainsi que le gain de temps pour commander les escaliers. La solution proposée a donc été directement retenue.

Ainsi, dans la figure suivante, on peut voir ce qui était prévu au niveau des quais S3, où en rouge sont indiqués les 4 problèmes.



Figure 18. Descente des volées jusqu'à dalle S3

Et dans la figure ci-dessous, l'option proposée pour descendre les volées jusqu'à la dalle S2 est représentée.

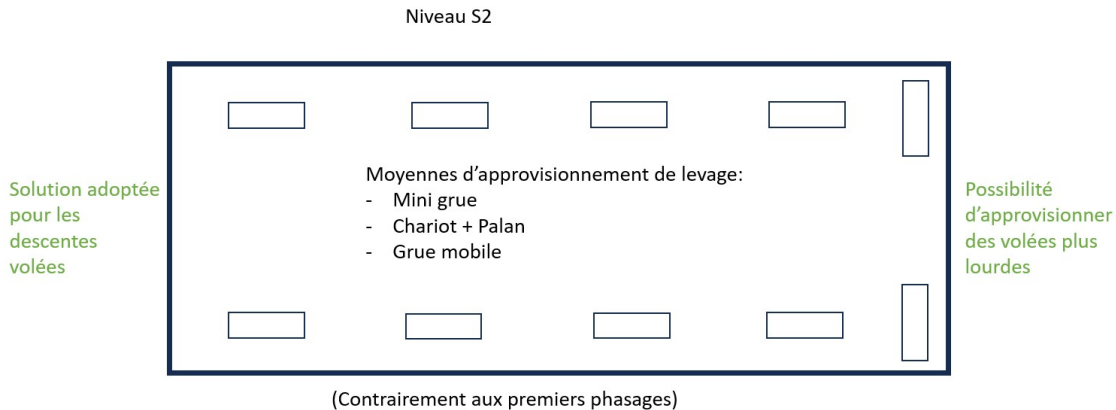


Figure 19. Descente des volées jusqu'à dalle S2

- **Poses volées sous quais**

Un autre point pour l'optimisation du planning était d'anticiper la réalisation des volées sous quais. Étant donné qu'il y avait les butons et que je voulais poser les escaliers sous les quais de la cage 8 et 10 avant qu'ils soient déposés pour pouvoir avancer les tâches. Dans la figure ci-dessous, on peut voir la position des boutons c'est la dépose de ces derniers qui déclenche les travaux de pose des escaliers.

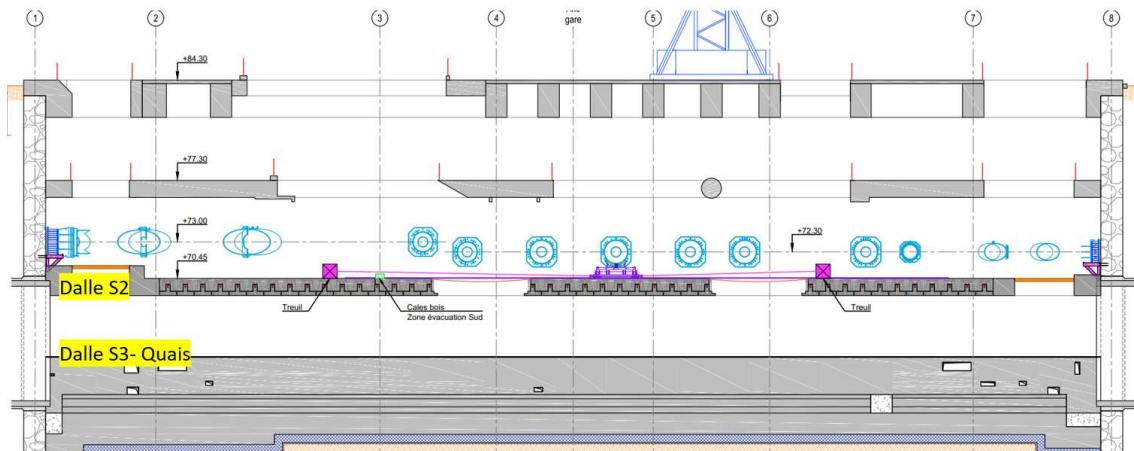


Figure 20. Vue positions boutons

Ainsi, en observant la position des boutons qui empêchent le déplacement des volées et la difficulté d'approvisionnement au niveau des quais. J'ai alors pensé à louer un portique roulant qui permettrait de prendre la volée dans les quais et de pouvoir la déplacer et ensuite la placer dans sa position, de plus le portique devait avoir un chariot de translation manuel équipé d'un anneau d'ancrage et un palan électrique et par conséquent, pour sélectionner le portique, j'ai dû calculer sa hauteur, car il devait être suffisamment haut pour pouvoir soulever la volée à plat au-dessus des garde-corps, ainsi que sa largeur, car je devais franchir la trémie pour pouvoir déplacer le portique jusqu'à la moitié de la trémie, ainsi que ne pas dépasser la CMU.

Un autre point important que devait avoir ce portique pour pouvoir être réalisé est qu'il s'agissait d'un portique démontable pour pouvoir descendre les pièces qui composent le

portique à l'aide de la mini grue par la trémie et ainsi pouvoir le monter ultérieurement, ce qui était aussi un point en faveur qui était léger car il n'y a pas de moyen de levage sur S3 comme expliqué précédemment. Dans ce cas j'ai obtenu un portique qui a satisfait toutes ces exigences puisqu'il a permis d'avoir une capacité maximale de 3.000kg, c'est-à-dire largement suffisante, en plus d'être composé de 3 pièces d'aluminium qui ont facilité le travail de descente aux quais et son montage/ démontage ultérieur.

Dans l'image suivante, vous pouvez voir le dessin du portique avec les dimensions nécessaires pour pouvoir réaliser la tâche correctement.

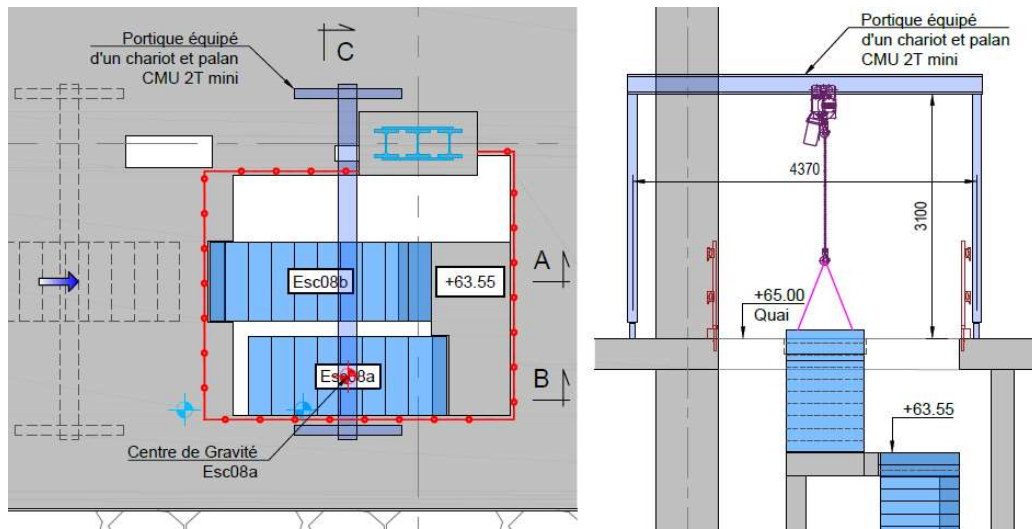


Figure 21. Portique sous quais

Voir l'annexe N°2 pour les dimensions et le portique que nous avons finalement utilisé, qui nous a permis de régler la hauteur en fonction de nos besoins, qui a finalement été de 3,10 mètres.

- **Anticipation descente volée 9B**

La dalle S2 était construite du nord au sud, et pour cela il fallait deux trémies de surface jusqu'à la dalle S2, la « grande trémie » au sud et la « trémie du pied grue » au nord, et toutes deux étaient également nécessaires pour la dépose des butons et réalisation de la dalle puisqu'il y avait beaucoup de matériel et matériaux à descendre.

Comme il s'agit d'une phase du projet qui prend beaucoup de temps, nous avons procédé à la construction de la dalle comme suit : plot 5 et 6 (situés au nord), ensuite dépose des butons droits et d'angle, puis continuation du reste de la dalle et la dépose des butons du tympan Sud et les butons centraux, en plus de la dépose des sabots et liernes qui conforment les system de butonnage. Ci-dessous, la position des deux trémies et des plots situés au nord.

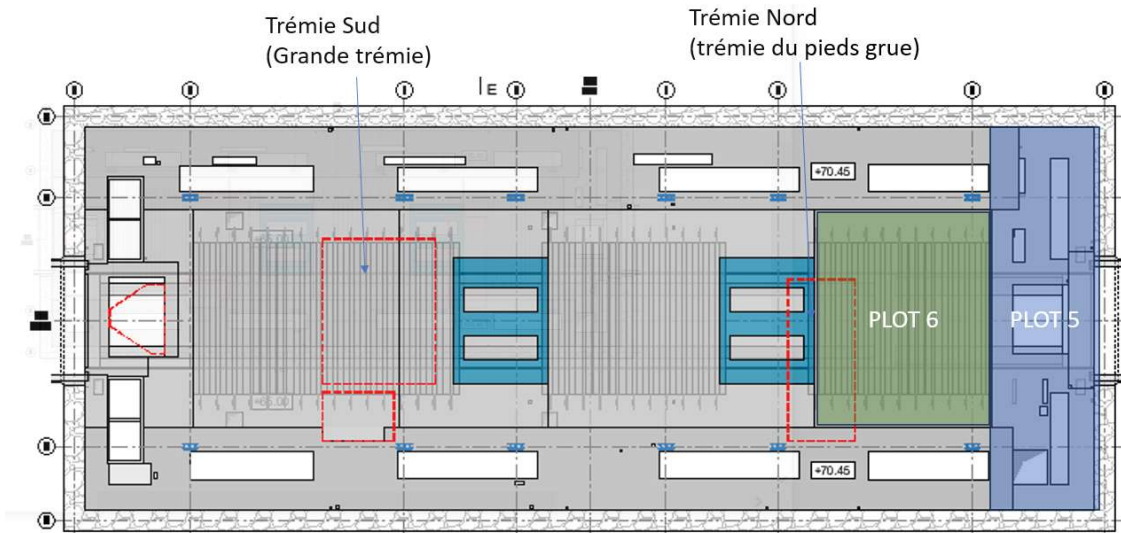


Figure 22. Trémies dalle S2 et Plot 5 et 6

Donc la réalisation de la partie centrale et sud de la dalle a demandé beaucoup de temps donc comme la cage 9 est située dans la partie nord et que nous voulions fermer la trémie pied grue j'ai décidé d'anticiper et de descendre l'escalier 9B qui a un longueur de 7.30m et une largeur de 1.35m et dont le poids est d'environ 13.5T par cette trémie avant qu'elle ne soit fermée et donc de pouvoir réaliser la cage en avance, ce mouvement de descente de l'escalier nous a permis de gagner du temps d'exécution puisque nous avons pu réaliser le palier et ensuite mettre l'escalier avant la dépose des butons. Ci-dessous, une illustration simple de l'optimisation du planning.

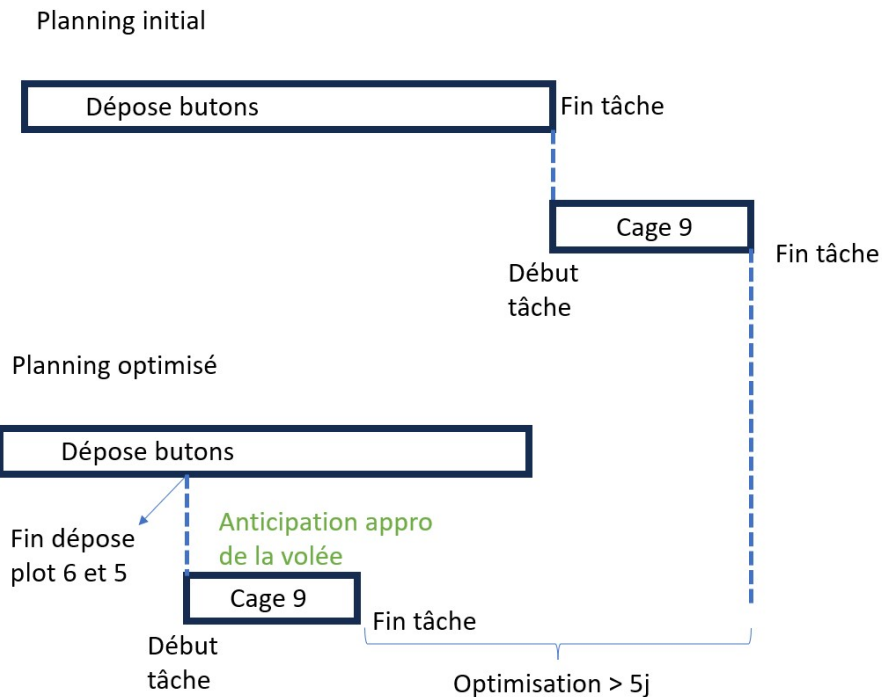
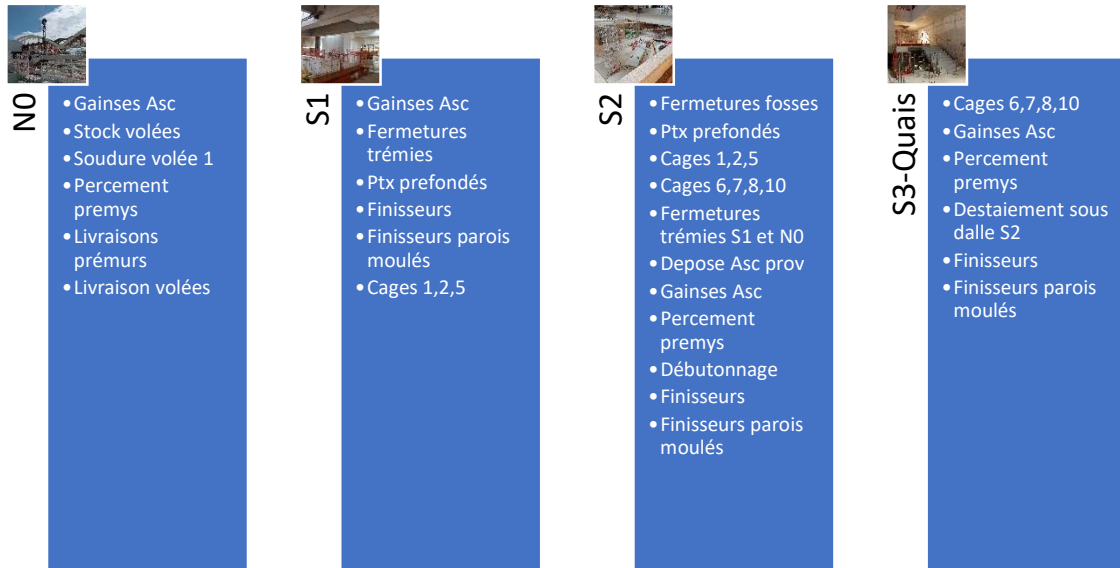


Figure 23. Planning anticipation 9B

- **Coactivité dans la gare**

Comme je l'ai dit plus haut, le chantier était en pleine production avec un grand nombre de tâches à réaliser à un peu moins de 2 mois de la livraison des travaux, j'ai donc constaté qu'il y aurait des problèmes de coactivité entre les différents niveaux et même pour deux niveaux il y aurait une coactivité verticale. Ci-dessous les tâches à réaliser.



J'ai donc pensé à préparer des fiches que je remettais chaque veille aux chefs de chantier pour montrer les activités qui auraient lieu le lendemain pour chaque niveau, surface, dalle S1, dalle S2 dans les deux postes que nous faisons matin et soir et dans le niveau quais. C'était une tâche très importante car la coactivité augmente le risque d'avoir des accidents car il y a des mouvements de personnel d'un côté à l'autre des activités partout et il y avait aussi des tâches qui nécessitaient des machines lourdes (minipelle, mini grue, manitou...), en plus de l'évacuation du matériel qui devait être stocké temporairement dans la dalle S2 jusqu'à l'arrivée du camion.

Chaque fiche montre les activités et les zones d'activité ainsi que la zone d'évolution des machines aussi bien le mini grue, le manitou, la minipelle ou les nacelles, de plus en surface j'indiquais au chef de chantier les livraisons/camions qui allaient venir afin de pouvoir planifier où stocker les chargements.

J'ai donc créé ces fiches pour éviter tout accident et aussi pour anticiper les tâches par zones afin de ne pas perdre de temps par manque de matériel ou parce qu'un passage est inaccessible en raison d'une autre activité qui le perturbe. J'ai constaté que ces tâches ont permis d'optimiser le temps de travail, de réduire le risque d'accident et d'améliorer l'atmosphère sur le chantier en donnant un sentiment d'ordre et de contrôle. Dans les images suivantes, je vous montre les planches que j'ai faites pour chaque jour de la période d'exécution des cages.

Voir annexe n° 2 pour pouvoir voir comme sont les fichés de coactivité de la gare d'un jour quelconque pour tour les niveaux, par exemple le 4 juillet. Ici je vous montre pour le niveau S2 dans le poste de matin

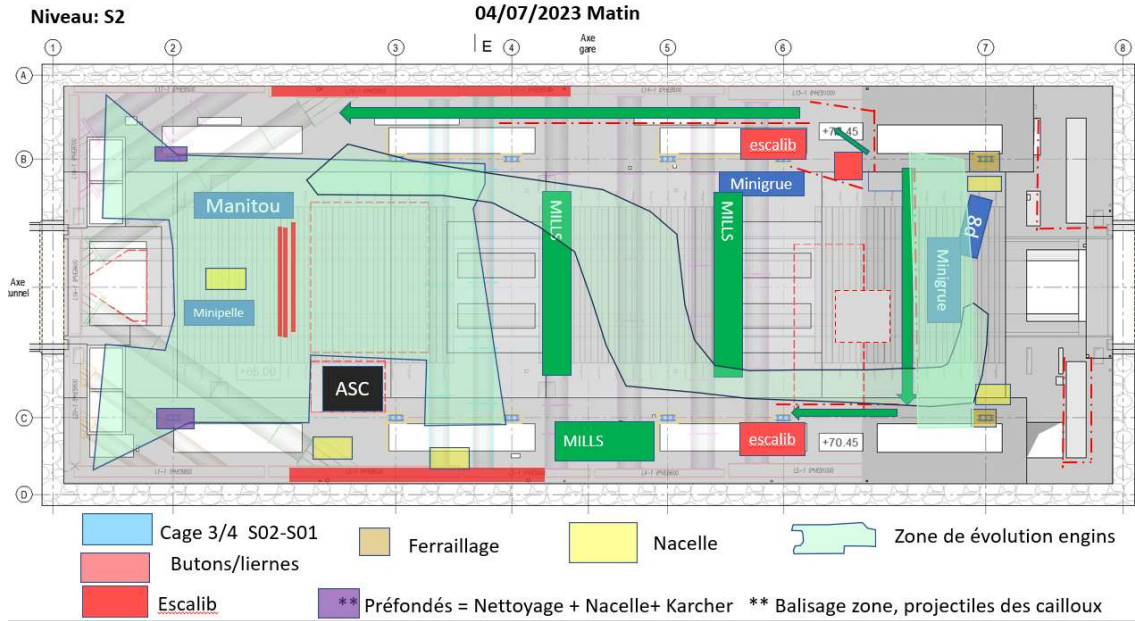


Figure 24. Coactivité S2 poste Matin

+ Optimisation de tâche

- **Réalisation voile sous palier**

L'idée de réalisation des cages 8 et 10 était de les construire de bas en haut, c'est à dire d'abord réaliser le palier sous quais, mettre les deux escaliers et ensuite monter l'étaie de sous quais à quais pour réaliser la voile. Ensuite monter les tours d'étaie pour le palier, mais comme quand les quais ont été coulés, les trémies qu'il y avait dans les quais sont restés, donc toutes les trémies et petit trous ont été étayés avec des étais et contreplaqués ou simplement avec tôles de 2mm pour pouvoir être en sécurité sans avoir besoin de mettre en place de garde-corps en plus de pouvoir permettre l'accès sur les trémies.

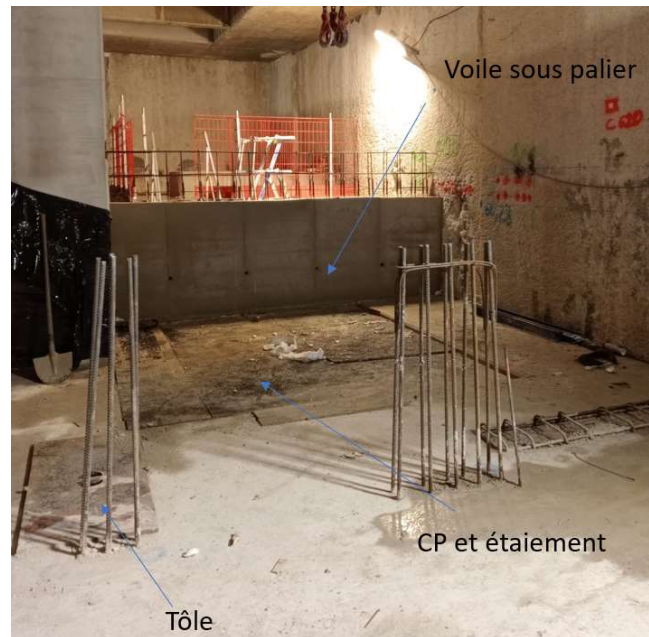


Figure 25. Voile sous palier après décoffrage

Quand j'ai vu cela j'ai décidé avec l'équipe de gagner du temps et d'optimiser la tâche en plus d'éviter du travail aux compagnons pour réaliser les voiles VN045 et VN041, correspondant aux cages 8 et 10 avant d'enlever le CP pour réaliser le palier sous quais, donc avec cette anticipation de tâche que j'effectue, nous avons évité de réaliser une tâche qui n'était pas nécessaire.

Dans l'image suivante, je montre comment faire le coffrage du voile avec les panneaux Doka et l'étayer à l'aide des étais tire-pousse, et on peut voir que sur la partie gauche que les panneaux et l'étau doivent être appuyés sur le platelage.

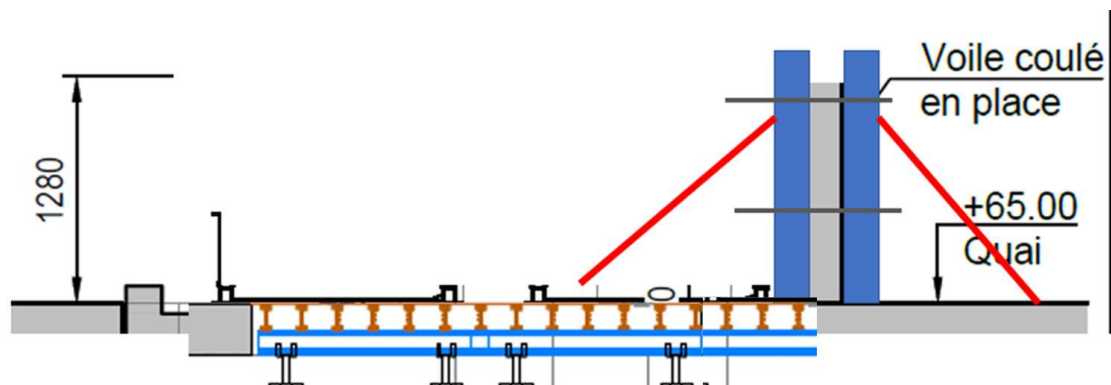


Figure 26. Voile sous palier cages 8, 10

Dans la figure suivante, on peut voir comment les compagnons démontent l'étaie et le remontent au niveau du palier entre les sous-quais et le quai une fois le voile réalisé.

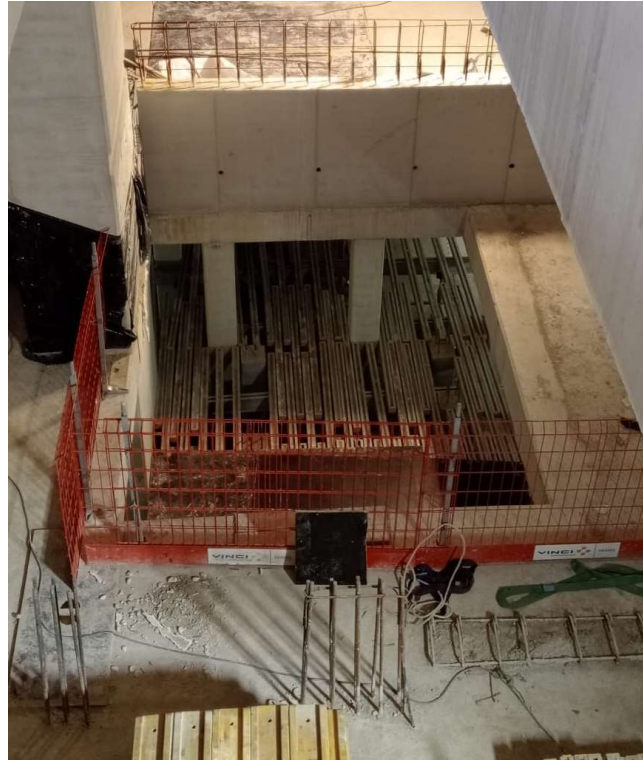


Figure 27. Montage étaieement palier sous quais

- **Chariot**

Une autre proposition que j'ai faite et qui a été réalisée, car elle optimisait la tâche et était aussi beaucoup plus favorable économiquement, comme nous le verrons dans la section Budget, était la méthode de déplacement des grandes volées, qui pesaient entre 13 et 14 tonnes, à l'intérieur de la gare, l'idée était d'utiliser une remorque industrielle et de les descendre par la grande trémie jusqu'aux quais, puis de descendre les escaliers dessus et de les déplacer à l'aide de la mini grue ou du manitou, j'ai donc commencé à consulter différentes sociétés au sujet des remorques industrielles et j'ai regardé les fiches techniques et les prix, mais je me suis rendu compte qu'il s'agissait de remorques très encombrantes. Et puis un jour dans la zone de stockage j'ai vu qu'il y avait un outil d'assez grandes dimensions et adapté à un escalier qui pouvait servir de remorque, j'ai donc entrepris de savoir d'où il venait et si on pouvait l'utiliser, et on m'a dit que c'était un outil qui avait été utilisé et acheté sur la ligne 14 et qui avait été sauvegardé, j'ai donc entrepris de prendre les dimensions et de l'envoyer au bureau des méthodes pour qu'il me donne le feu vert pour l'utiliser avec 4 roues de 5T, une à chaque extrémité. Le bureau des méthodes m'a confirmé que mon idée était valable et que nous pouvions l'utiliser. Cette idée a également permis d'optimiser la tâche car, comme je l'ai expliqué précédemment, il n'était plus nécessaire de descendre les volées au niveau quais mais au niveau S2, l'idée était donc de monter le chariot avec les roues et de le descendre avec un contrôle préalable de l'ouvrage provisoire -COP et ensuite de descendre la volée et de la déplacer vers la cage à l'aide de la mini grue.

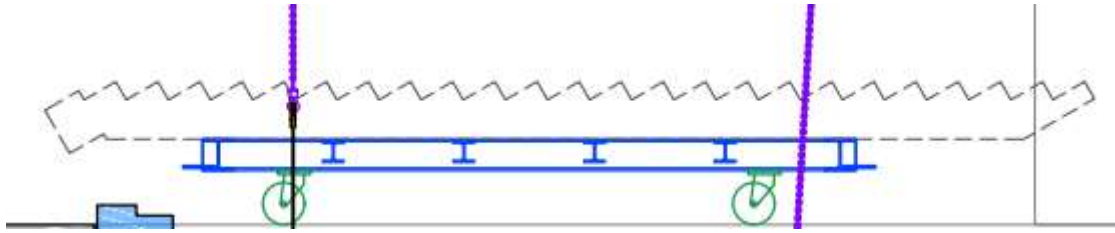


Figure 28. Chariot transportant la volée

Le chariot serait placé parallèlement à la trémie et le chariot serait accroché à l'anneau 360 et au palan pour pouvoir soulever un peu l'escalier afin qu'il vienne dans l'axe de la trémie pour pouvoir la placer ensuite. Jusqu'à présent, j'avais résolu le problème du déplacement de la volée à l'intérieur de la gare, mais sans le savoir, j'étais confronté au problème que l'anneau 360 résiste à 8 T verticalement, mais pas incliné, mais moins à cause du coefficient d'angle, de sorte que j'ai dû chercher une méthode pour utiliser le chariot. L'étape suivante a donc consisté à calculer si les roues du chariot pouvaient dépasser la trémie de la cage, de sorte que je puisse placer le chariot sur l'axe de la cage et que l'anneau ne fonctionne qu'à la verticale avec la résistance maximale. Cette résolution que j'ai donnée au problème était valable pour les cages 6,7,8 et 10, pour la cage 9 elle n'était pas valable à cause de l'existence d'une trémie contiguë qui ne permettait pas de supporter autant de charge pour ce que dans la partie ci-dessous il est expliqué la façon dont j'ai pensé résoudre le problème.

La seule chose qui manquait à cette solution était d'empêcher les roues de dévier et de tomber dans leur respective trémie, et j'ai donc décidé de placer des supports le long du bord de la trémie pour éviter que cela ne se produise, les supports les plus faciles et les plus appropriés étaient les cornières.

Par conséquent, la solution que j'ai proposée, en plus d'un avantage économique, a permis d'optimiser la tâche, car ce chariot était plus manipulable et permettait de placer la volée dans l'axe de sa position définitive, réduisant ainsi les opérations manuelles de mise en place et d'élévation et d'abaissement de l'escalier à l'aide des palans.

Ici, on peut voir le parcours que le chariot devait effectuer jusqu'à sa trémie.

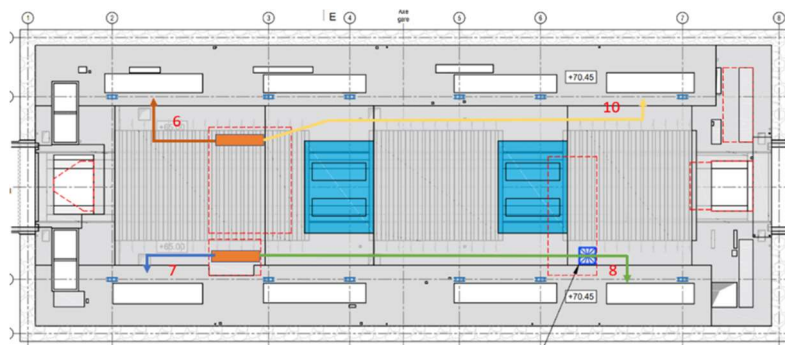


Figure 29. Parcours chariot dalles S2

Dans l'image de gauche, on peut voir comment la structure du chariot était stockée, et j'ai pris la décision de réhabiliter et/ou remployer pour le déplacement des volées. Dans les images de droite, ce sont les roues de 5 tonnes que j'ai utilisées sur le chariot, et je les ai prises du chariot/rack utilisé pour le déplacement des prémurs.



Figure 30. Structure chariot

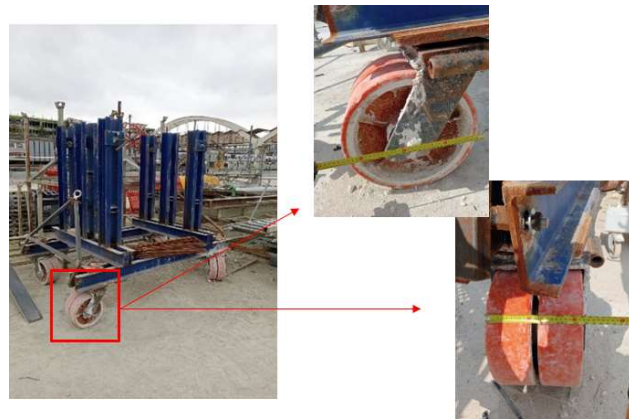


Figure 31. Roues chariot

- **Voile sous volée**

Les cages 6-7-8-10 étaient composées de deux voiles, l'un à la fin du palier et l'autre sous la grande volée. Ce dernier, la maîtrise d'œuvre a identifié un problème de synthèse architecturale et qu'elle a apporté de changements à nos plans déjà validés. Donc, ces modifications ont eu un impact sur notre planning, car nous les avons apprises 4 semaines avant la livraison de la gare. Comme nous l'avons vu dans la section 4.4 Plan d'action, il est nécessaire de prévoir quelques semaines pour le lancement des nouvelles études, car il s'agit d'un travail qui prend environ deux semaines. Car nous ne savions pas définitivement comment serait ces voiles, car comme le reste du voile on croyait qu'il avait une largeur de 20 cm mais ils hésitaient à le faire avec 15 cm et nous n'avons pas eu de réponse jusqu'au dernier moment.

Donc, quand nous avons commandé l'escalier au fabricant, vu qu'on ne savait pas comment il allait être et qu'il fallait faire le voile après l'escalier, j'ai décidé de laisser des gaines de coulage dans les volées à la hauteur où il était placé le voile pour pouvoir mettre la volée d'abord et ensuite couler le voile directement sans besoin de le couler et après faire un matage entre le voile et l'escalier. En réalité, il ne s'agissait pas d'un seul coulage mais j'ai décidé d'en mettre 3 pour pouvoir utiliser ceux situés aux extrémités et celui du milieu pour s'assurer couler sur la porte des cages 8 et 10 et en même temps dans le côté Paroi Moulé de les cages 8 et 10, j'ai ajouté un évent pour s'assurer que le béton atteignait le haut de tout le voile et pas seulement par les extrémités, car en raison de la densité du béton on peut parfois être trompé parce qu'il ne s'est pas encore tassé et n'occupe pas tout le volume mais au contraire est plein la partie où l'on est en train de bétonner, ceci est aussi souvent lié à la densité de l'armature de l'élément. Dans l'image suivante, vous pouvez voir les gaines de coulage avec l'évent dans la partie supérieure dans le plan de fabrication des escaliers.

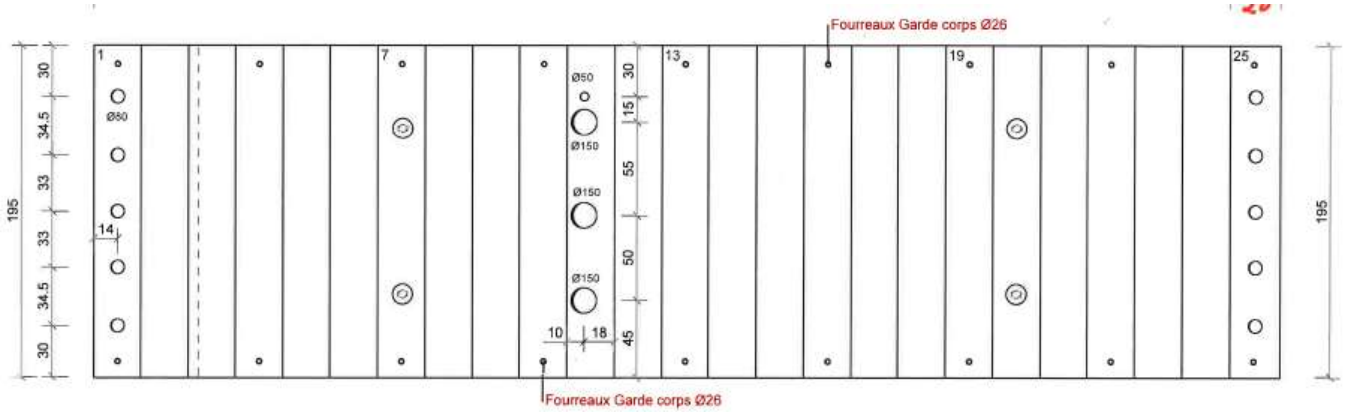


Figure 32. Gains coulage de la volée

Pour voir les des plans de fabrication plus détaillés on peut les trouver dans l'annexe n°2. De plus, sur l'image suivante, peut être vu comment la réalisation du voile est représentée une fois que l'escalier est mis en place à travers les gaines de coulage, et on peut distinguer les deux phases qui étaient prévues à faire, le voile, puis le matage, mais dans ce cas, tout est réalisé en une seule fois, comme on peut le voir sur la figure inférieure.

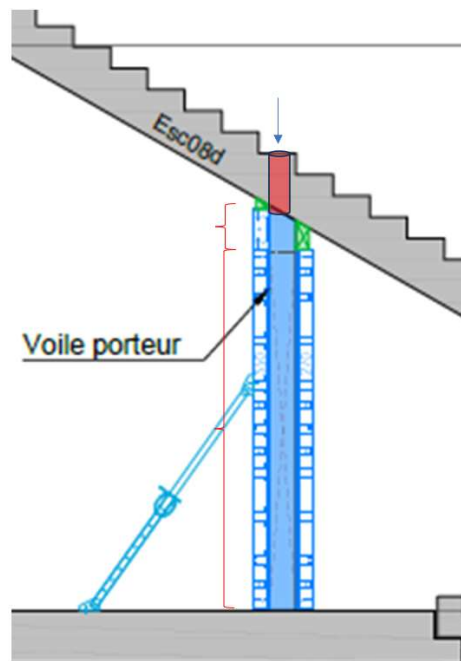


Figure 33. Voile sous volée

Cette mesure que j'ai proposée à l'équipe et qui a été mise en œuvre nous a permis d'exécuter le reste des éléments sans avoir à attendre la réponse du MOE et de l'architecte, ce qui était une bonne idée pour ne pas casser le rythme de production et pouvoir avancer le travail, et a également permis d'éviter des tâches inutiles comme la confection du voile avant la pose et le matage ultérieur après la pose, de sorte qu'au lieu d'être fait en deux étapes, cela a permis aux équipes de tout faire en une seule fois. Ci-dessous, un comparatif entre la solution initiale et la solution optimisée simple.

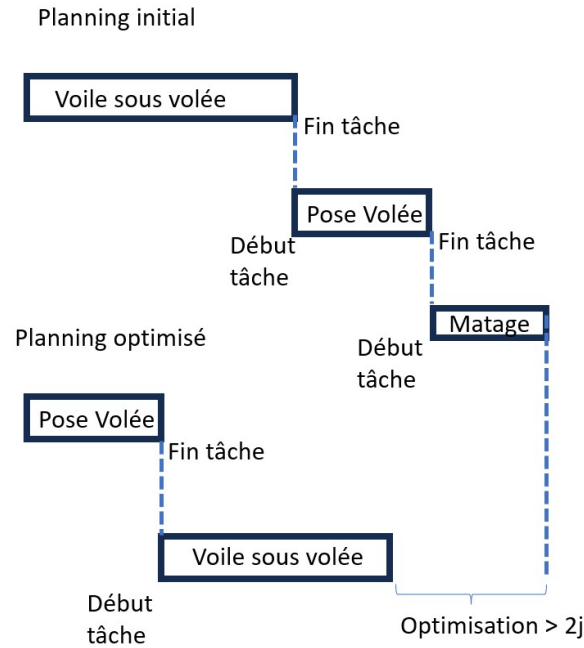


Figure 34. Planning voile sous volée

En outre, cette mesure a permis de simplifier la pose de la volée, car il s'agit d'un moment délicat au cours duquel la volée est abaissée par deux palans, de manière à éviter d'endommager la voile, même si les possibilités que cela se produise sont minimales, il vaut mieux être prudent.

- **Pose et coupe de la volée 9B**

Comme mentionné précédemment, la volée 9B a été conçue à la même largeur que sa trémie, ce qui laisse 0 cm d'espace libre, c'est-à-dire, de jeu de pose. Comme le chantier n'est pas comme dans les documents techniques, il est impossible de mettre quelque chose sans dégagement et cela froterait et endommagerait à la fois la volée et la dalle. J'ai donc décidé de réduire la volée 9B pour pouvoir avoir un jeu de pose, et puisque je réduise l'escalier, j'ai pensé que 5 cm était une réduction intelligente car cela vous laisserait environ 2,5 cm de chaque côté plus ou moins. Pour ce faire, j'ai dû réfléchir à la manière de reconstituer l'escalier, j'ai donc dit de réduire les 5 cm d'un côté et de la laisser désactivé dans ce côté, c'est-à-dire avec une rugosité pour que le béton adhère mieux à l'escalier et agisse comme un seul élément, tout en fournissant une armature pour agir et joindre cette petite extension. Une armature en forme de L d'environ 32 cm au total 22 cm et 10 cm dont 20 des 22 cm sont dans l'escalier préfabriqué et ensuite les 2 cm plus les 10 cm restants dans la partie reconstituée.

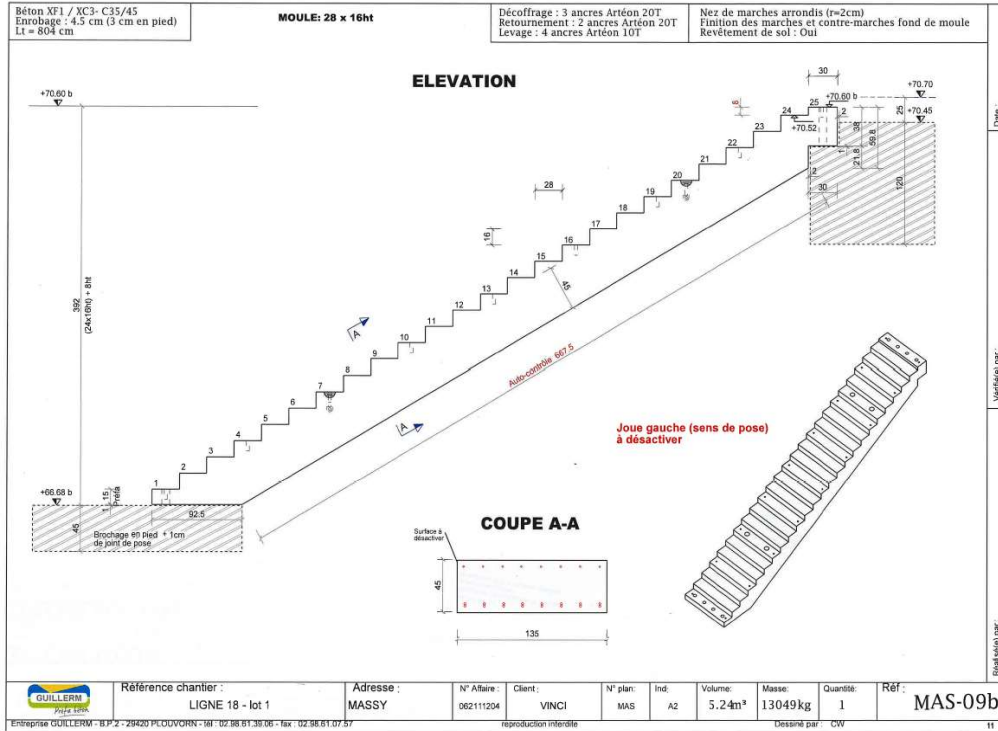


Figure 35. Plan de fabrication 9B

Dans l'annexe n°2 dans la section de pose et coupe de la volée 9B on peut voir le plan de fabrication où la désactivation du côté inverse à la paroi moulée est désactivé.

En effet, la reconstitution de l'escalier se fait généralement avec des CP ayant la forme de l'escalier, ce qui est un travail assez lent puisqu'il faut faire chacune des marches, ce qui m'a amené à penser que je pouvais réaliser un module qui permettrait de couler les marches de l'escalier en phases et rapidement. J'ai donc pris les mesures de la marche et de la contremarche et j'ai vu qu'il s'agissait des dimensions qui étaient également utilisées dans d'autres escaliers. J'ai ensuite décidé de concevoir cet outil-module à l'aide du maître compagnon pour pouvoir trouver la pièce à reconstituer de manière plus efficace et plus simple, et pour qu'il s'agisse d'un élément qui puisse être utilisé plusieurs fois et dans des travaux futurs. Cette mesure a été bénéfique en termes de temps et de budget, car les ouvriers n'ont eu qu'à le mettre en place, le fixer et bétonner le module. Une opération rapide et répétitive qui a facilité la tâche des compagnons.

Dans l'image suivante, vous pouvez voir le dessin que j'ai fait et que j'ai envoyé à la société Faust pour sa réalisation.

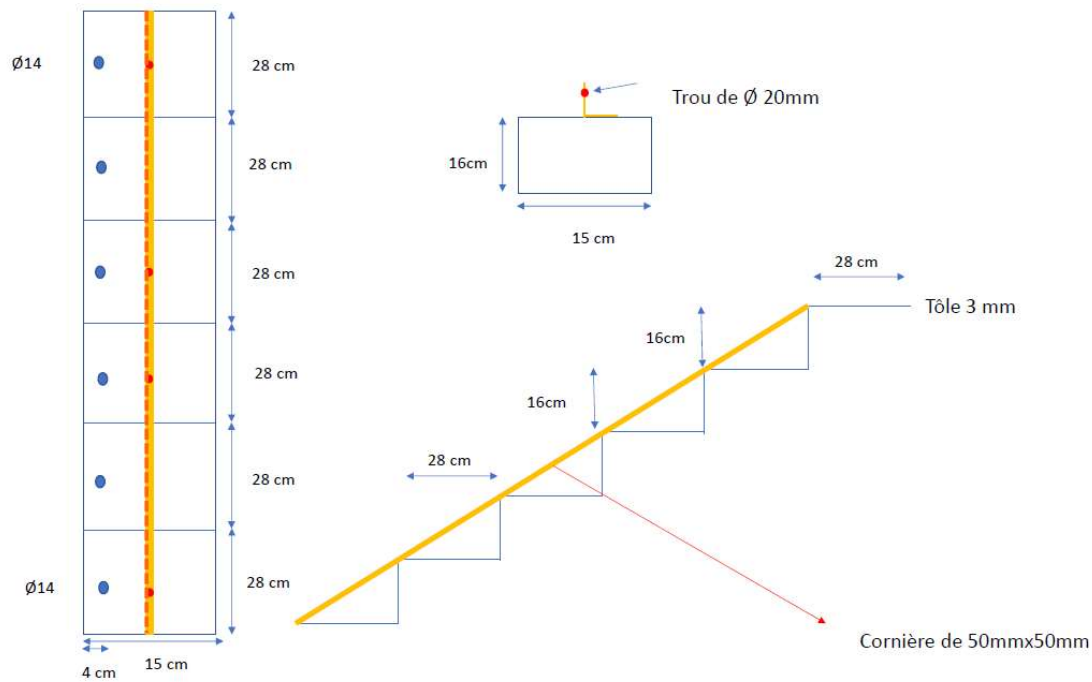


Figure 36. Dessin outil escaliers

Dans l'image ci-dessus, vous pouvez voir que l'élément est fabriqué avec une tôle de 3 mm d'épaisseur et a une largeur de 15 cm dans les 6 marches dont la marche est de 28 cm et la contremarche de 16 cm. Dans cette largeur de 15 cm, il y a un trou de 14 mm de diamètre pour fixer l'outil à l'escalier à une distance considérable de la pièce à remplacer. En outre, il dispose d'une cornière supérieure de 50 mm x 50 mm qui se joint à la fin de chaque marche pour rendre l'outil plus manuable avec 4 trous de 20 mm de diamètre pour permettre l'élévation avec un certain type d'engin. Un autre détail, pour simplifier sa fabrication, est que les marches se terminent en pointe et le reste de l'escalier a une finition plus arrondie mais comme elles ne font que 5cm j'ai pensé qu'il serait plus facile et plus approprié de joindre la marche pour lui donner la même forme et ainsi avoir une continuité parfaite.

Le dernier détail à prendre en compte est que la terminaison et le début de l'outil sont plats, c'est à dire parallèles à l'axe x afin qu'au moment de la mise en service il soit plus facile de le fixer ou qu'en cas de mauvais bétonnage la partie inférieure puisse être comblée sans problème.

En conclusion, le module outil a permis d'éviter la consommation de bois, la manipulation avec des équipements de coupe du bois, réduisant ainsi le risque d'accidents du travail, en plus d'une réduction des heures de travail dans l'exécution de la tâche, ce qui se traduit en même temps par une mesure d'économie budgétaire, comme je présente dans la section 4.7 cout du projet.

- **Portes et réservations en bois**

Un autre point d'optimisation de la tâche que j'ai effectué en parlant avec les chefs de chantiers pour pouvoir gagner du temps d'exécution a été de demander un devis de combien coûtait la fabrication en bois de la réservation de la cage 6 et 7 dont les dimensions sont similaires et (1.28x1.00x0.20m) et de la porte du voile qui accède aux sous quais du voile sous volée de la

cage 8 et 10 (1.10x2.70x0.20m). Donc quand j'ai demandé un devis je me suis assuré que ces deux mannequins pourraient être utilisés plus d'une fois ce qui nous permettrait de gagner du temps et qu'économiquement ce serait rentable car les ouvriers n'avaient pas besoin de les faire, donc quand j'ai comparé le devis de l'entreprise avec mes calculs de ce que ça coûterait de faire les réservations et les portes avec nos propres moyens, je me suis rendu compte que ce serait un point qui nous donnerait moins de charge de travail et qui nous donnerait une exécution plus rapide et qu'économiquement c'était plus rentable comme vous le verrez dans la section budget.

En outre, une mesure comme celle-ci présente d'autres avantages, non seulement économiques et optimisation du temps, mais aussi un facteur très important tel que la prévention des risques, car en n'ayant pas à manipuler le bois, les travailleurs n'auraient pas besoin de le couper, évitant ainsi une situation avec la machine de coupe, qui implique non seulement la coupe mais aussi la poussière qui est produite. Ainsi, avec le mannequin, la seule action qu'ils ont à faire est de le prendre et de le positionner au bon endroit.



Figure 37. Mannequin voile cage 7

+ Technique

- **Inserts**

Comme je l'ai dit plus haut dans la section chariot de la partie d'optimisation de tâche, le chariot doit être placé dans l'axe de la trémie mais dans le cas de l'escalier 9, comme il y a deux trémies sur le côté, recouvertes seulement de deux tôles de 2mm on ne peut pas passer au-dessus du chariot. Il a donc fallu mettre le chariot en parallèle et insérer deux inserts dans la sous face de S1.

Pour cela on nous a dit de prendre le goujon et le sceller comme d'habitude mais étant un sceller vertical en discutant avec le maître compagnon je me suis rendu compte que ce n'était pas la solution la plus adaptée, car la résine pouvait tomber lors de l'injection et ensuite mettre le goujon sans assez de résine donc en discutant avec Hilti j'ai décidé de mettre une platine de 10T à la place du goujon. La platine est composée de 4 tiges filetée HAS-U 5.8 M16x260 scellées à 190 mm de profondeur avec leurs capsules de résine respectives HVU2 M16x190.

Par conséquent, sur l'image suivante, on peut voir la mise en place du chariot et la suspension de la volée grâce aux 4 inserts, les deux existants et les deux autres avec l'aide des tiges et des capsules.

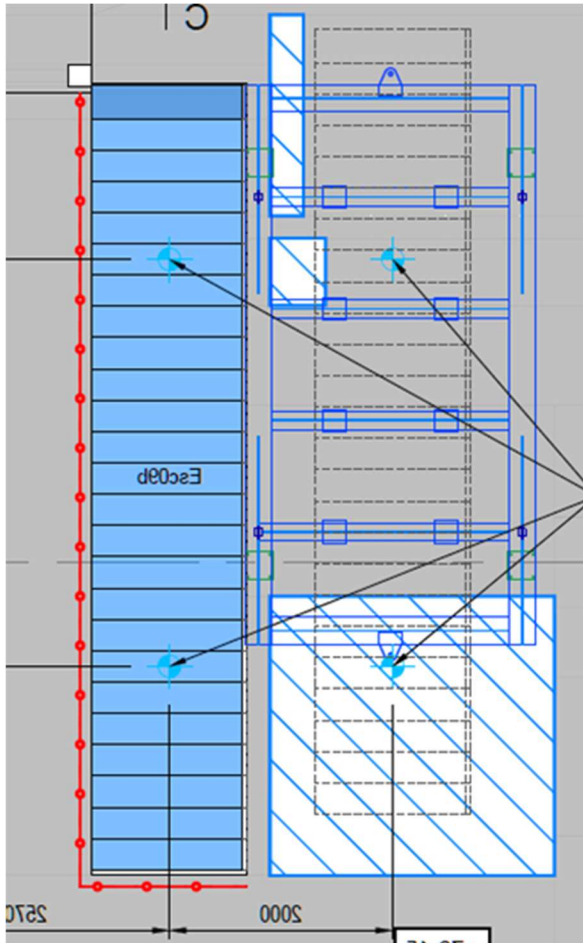


Figure 38. Inserts volée 9B

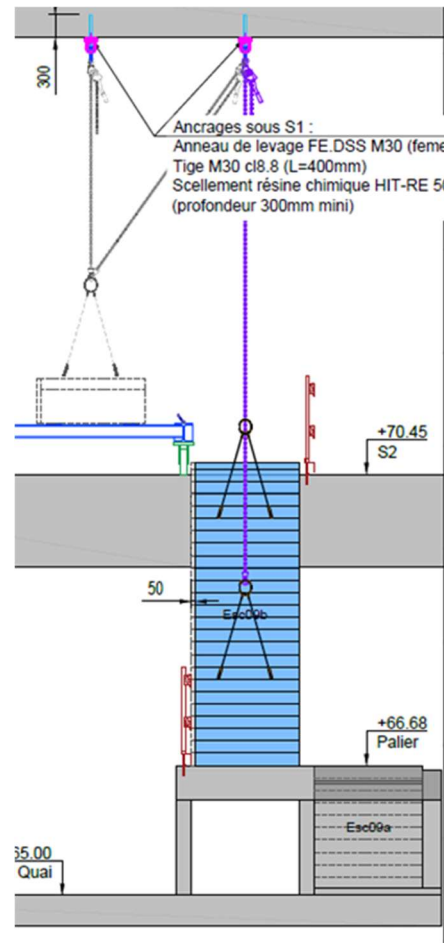


Figure 39. Inserts et suspension volée 9B

De plus, j'ai pris les plans d'insertions des dalle S2 et S1 avec les quais et je les ai superposés pour savoir s'il y avait des insertions qu'on pouvait utiliser pour mettre les escaliers, et j'ai trouvé qu'il fallait mettre des insertions dans la dalle S2 pour suspendre la volée 9A.

Cette tâche faisait partie de la check-list de ton planning décisionnel et que grâce à ça j'ai pu anticiper l'intégration de ces inserts dans le plot pour éviter de faire des ancrages en plafond, car cela signifie perte de temps et risques supplémentaires.

Donc on les a mis quand le plot 5 de la dalle a été réalisée, en plus que dans le niveau de la trémie de la 9b il fallait deux insertions pour la suspension. Dans le cas des autres cages, j'ai pu trouver des inserts qui permettaient de monter les escaliers. Dans la suivant image, on peut les voir pour le cas de la sous face de la dalle S2, ces éléments qui servent à suspendre et à poser les escaliers qui vont de la dalle de quai au palier intermédiaire.

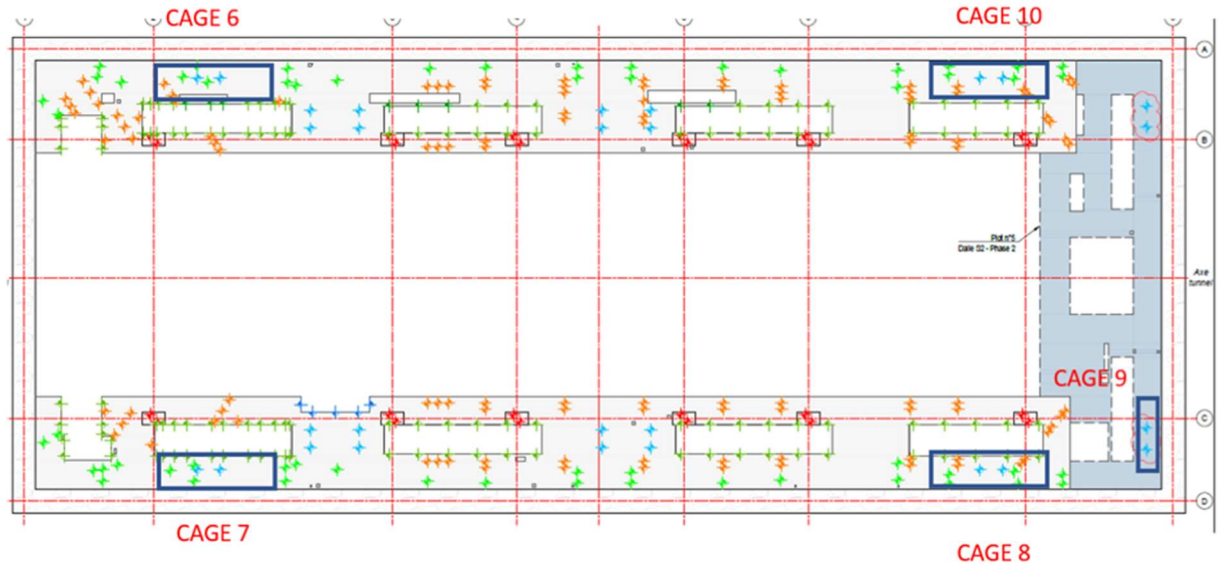


Figure 40. Inserts sous face dalle S2

- **Palans**

Pour suspendre les grandes volées et les mettre en place, il faut deux palans de 10 tonnes, ce qui est déjà assez lourd. Je voulais donc éviter que les compagnons aient à les soulever à la main sur près de deux mètres jusqu'à la hauteur de la tête. J'ai donc imaginé deux solutions : la première consistait à utiliser des palans manuels (90 kg) pour créer une extension entre l'anneau à 360° avec la manille et le palan en utilisant une élingue en U de 10 tonnes qui double la CMU ou une chaîne de 10 tonnes, ce qui donne dans les deux cas une longueur de 1,5 mètre. La seconde option est de se procurer des palans pneumatiques beaucoup plus lourds que les palans manuels et de les poser directement sur l'anneau 360° à l'aide du mini grue ou du manitou. Une fois en place, les palans pneumatiques sont beaucoup plus confortables car ils ne demandent aucun effort physique puisqu'ils sont actionnés à l'aide d'une télécommande, contrairement aux manuels qui sont très fatigants. Finalement, en parlant avec le Maître compagnon on a réussi à trouver des palans pneumatiques et on les a utilisés. Dans notre cas, comme les a trouvés, il n'y a pas eu de surcout car nous avons utilisés ceux-là, mais que même s'il avait fallu les louer à 750€/sem nous aurions privilégié cette solution car plus ergonomique et moins fatigante pour nos compagnons

Donc, on a utilisé les deux méthodes, ce que j'ai proposé avec des palans manuels et de rallonge de chaîne et manille et aussi des palans à air. Dans l'annexe n°2, on peut voir le manitou en train de poser le palan à pneumatiques dans l'anneau 360.

Goujon
Anneau
360°
Manille
Elingue/
Chaine

Palan

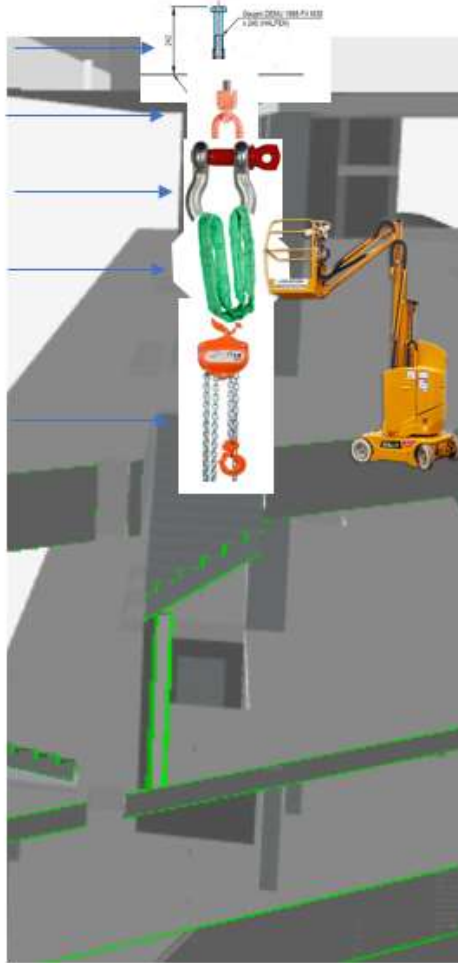


Figure 41. Choix 1 palan

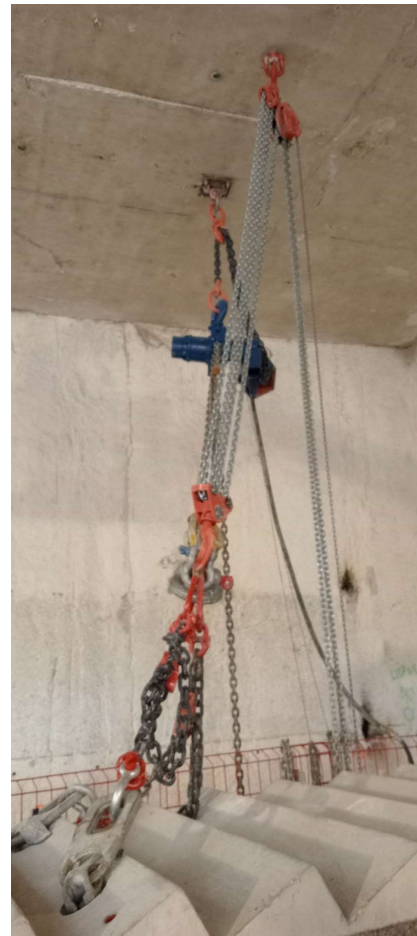


Figure 42. Choix 2 palans pneumatiques

- **Pose de la petite volée**

Pour placer la petite volée, celle qui monte du quai au palier, j'ai pensé la descendre par sa trémie correspondante et ensuite la ripper vers le PM pour la mettre en face de sa position avec l'aide de rouleur express et de tirefort mais le problème était que comme les attentes du massif d'appui perturbaient le passage nous ne pouvions pas la ripper, donc j'ai pensé mettre un tirefort horizontal et les deux palans au-dessus pour contrôler et guider la pose de la volée, ayant ce support horizontal qui évite le basculement de la volée lorsqu'elle monte. Mais lorsque la volée est placée devant le massif, cela n'assure pas une bonne position au niveau de l'axe z, donc j'ai pensé et cela a été fait de mettre deux cales de 10 cm de béton de chaque côté pour assurer une bonne altimétrie lorsque la volée est placée et ensuite à partir des fourreaux de brochage pouvoir couler.

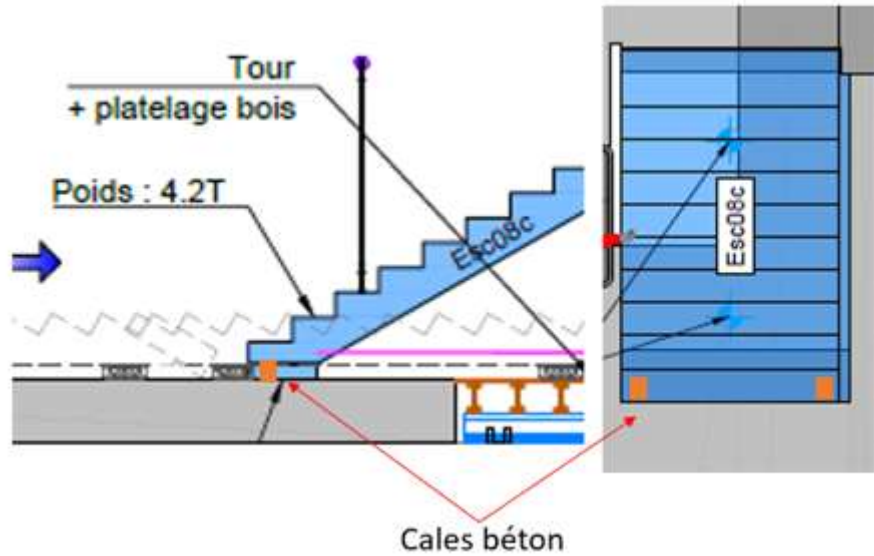


Figure 43. Positions cales béton.

- **Limon**

Le limon, dans ce cas, est la partie de l'escalier qui n'a pas de marches et qui se trouve à une extrémité, précisément à l'extrémité qui fait face à la paroi moulée et qui sert habituellement de caniveau. Dans les 5 cages, seuls les volées qui font face à la paroi moulée ont un limon et étant donné que le PM a une tolérance de 15 cm, on ne sait pas bien quelle est la largeur de du limon lors de la conception, j'ai donc rajouté des stabox 90D, HA10 avec un espacement de 15 centimètres afin de le faire dans la fabrication des plans d'escaliers afin de pouvoir avoir les cadres en attente et une fois qu'ils sont en place, je peux les plier et les couper à la longueur souhaitée, de plus en fonction de la distance avec la paroi moulée il fallait savoir quel type de renfort mettre pour réaliser l'union et éviter qu'elle ne soit cassée, donc j'ai établi le critère de si elle était inférieure à 12 cm on mettrait simplement un treillis soudé ST40 C et si elle était supérieure aux 12 cm c'est le cas qui s'est passé un poteau chaînage de 8x12cm avec des barres 4HA10 et des cadres HA 5 sur tous les X cm. Une solution assez simple mais parfois pas évidente au moment de faire le limon car même s'il n'est pas destiné à la circulation piétonne il demande une certaine résistance et union avec l'escalier. Dans la figure suivante, on peut voir une petite conception d'une des volées placées à côté de la paroi moulée, et dans l'annexe n°2, dans la section limon, on peut voir entièrement le plan de fabrication de la volée 8c, précisément

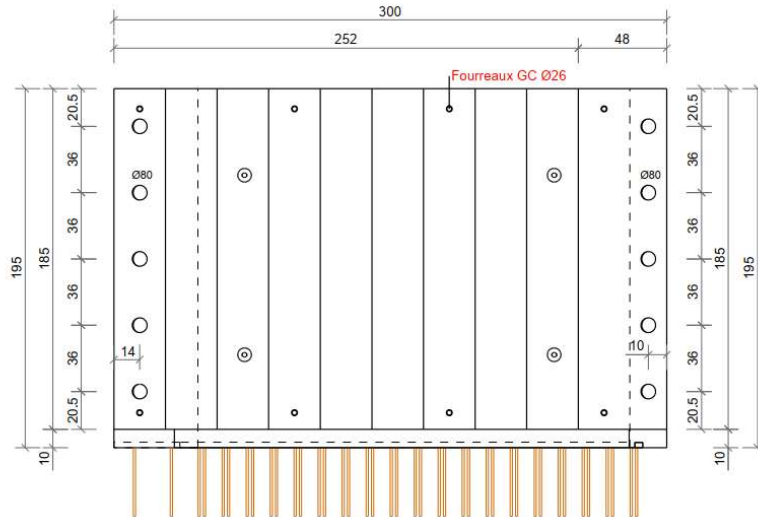


Figure 44. Stabox volée 8c

- **Grue, position et type**

Pour pouvoir descendre les escaliers au niveau de la dalle S2, la grue était nécessaire, car à l'époque où j'ai commencé mon aventure dans la gare de Massy Palaiseau et dans les études des cages nous avons encore la grue à tour, mais nous allions l'enlever plus tôt, car la société en charge du lot 6b (Aménagement) commençait à s'installer en surface. Par conséquent, nous avons dû passer à la PPM (grue mobile), et j'ai donc dû réfléchir à la position la plus appropriée pour descendre les volées et les stocker en surface avec un accès facile pour la grue mobile, ainsi qu'à la capacité de la grue sur les distances souhaitées. En raison de la présence de l'ancienne passerelle (la passerelle historiques) et de l'interdiction de survoler des objets, les possibilités étaient fortement réduites, de manière que les volées devaient être stockées le plus près possible de la gare. Le côté ouest (SNCF) de la gare étant une voie d'accès, il a été décidé de ne pas la bloquer et de placer la PPM du côté Est et le plus près possible de la surface de Bouygues, c'est-à-dire au nord, afin d'avoir de l'espace entre la passerelle et la grue pour que le camion puisse entrer, la prendre et la placer près de la limite du site.

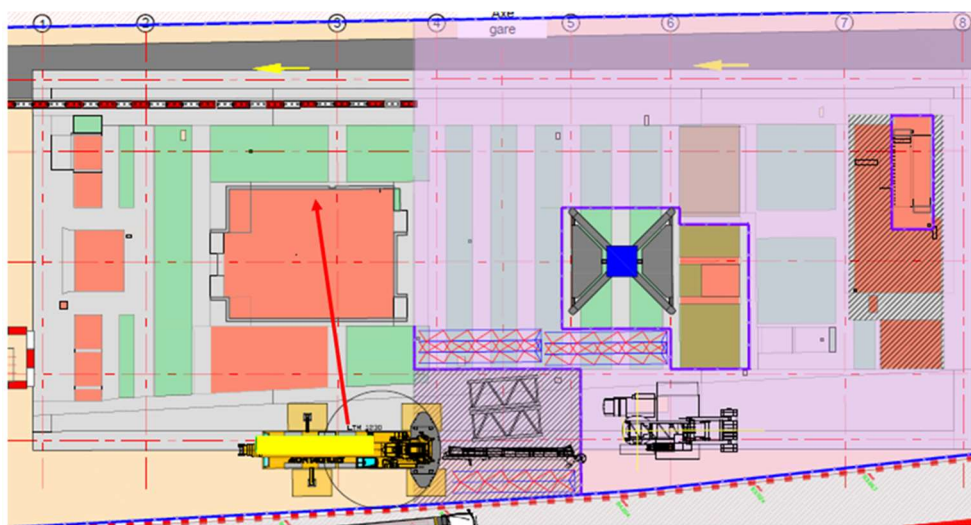


Figure 45. Position PPM

L'aspect suivant était le choix de la grue, j'ai donc regardé les grues du fabricant de grues et j'ai vu que pour les distances souhaitées de 12 m et 23 un PPM de 150 T serait suffisant. Cet abaque permet de comparer les distances avec l'angle de la flèche par rapport à la charge que la grue peut supporter. L'abaque peut être vu dans l'annexe n°2 dans la section grue.

En résumé, grâce à l'observation du PIC (plan d'installation de Chantier) et de l'abaque, j'ai pu résoudre le problème du choix de la grue.

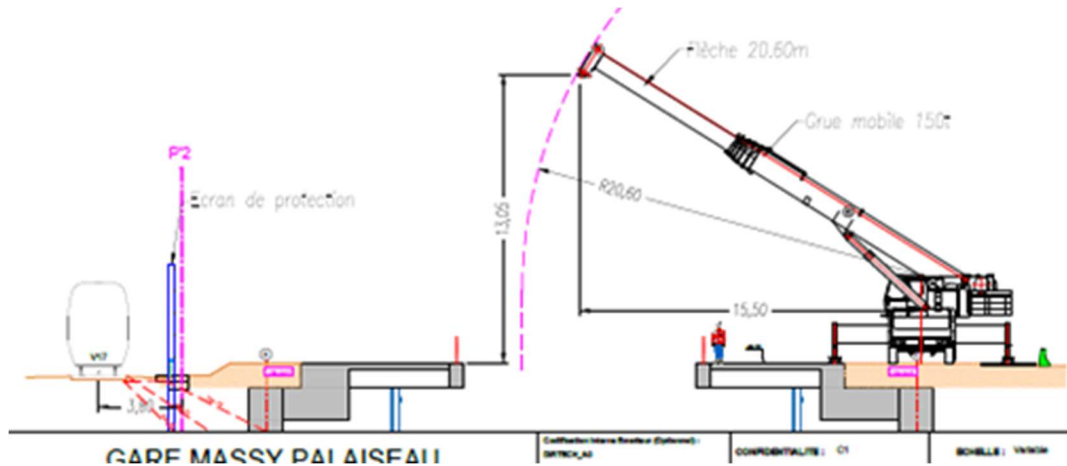


Figure 46. Coupe position grue mobile

Aussi, j'ai organisé les livraisons de manière à optimiser la place disponible et j'ai, au moyens des planches quotidiennes de coactivité (vues dans la section coactivité d'optimisation de planning), discuté avec les chefs de chantier pour savoir si une livraison des volées était possible et s'il n'y avait pas d'interface avec d'autres tâches.

- **Longueur et type de chaînes**

Pour la mise en place des escaliers, il était nécessaire de calculer la longueur des chaînes, à la fois du palan et de la chaîne supplémentaire qui devait être placée entre l'anneau et le palan, comme je l'ai mentionné précédemment, afin de pouvoir placer les palans avec le moindre effort physique, en plus d'optimiser l'opération, car cela permettrait de ne pas avoir à monter ou descendre la chaîne avec la charge puisque le trajet est plus court. En plus de calculer la CMU et la longueur des deux brins qui relie l'escalier au palan.

En ce qui concerne les brins, il a été décidé que l'angle formées entre les brins devrait être compris entre 0 et 45 degrés afin d'avoir un coefficient de 1,4 T, ce qui signifie que la chaîne de chaque brin devrait avoir une CMU d'au moins 5T, ce qui donne un total de 7T. En ce qui concerne la longueur, nous avons pris une valeur d'angle intermédiaire d'environ 24 degrés, ce qui nous donne une longueur de 1,42 mètres.

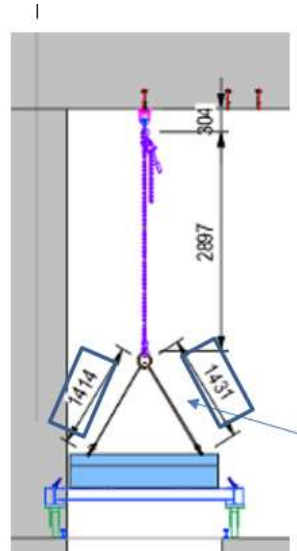


Figure 47. Longueur brins

En ce qui concerne la longueur totale de la chaîne, nous avons constaté que la chaîne qui sera sur la tête de l'escalier a une longueur de 4,40 mètres, tandis que celle qui sera sur les pieds a une longueur de 6,90 mètres. Sachant que les palans ont une portée de plus de 6 mètres, on avait donc suffisamment de chaîne, mais mon objectif est d'optimiser l'opération pour que le compagnon ait la chaîne prête sans avoir besoin de la rallonger ou de la raccourcir une fois la volée accrochée, car cela complique davantage l'opération.

Ainsi, à partir de la hauteur de pose de la chaîne, je dois déduire la hauteur des éléments pour savoir quelle longueur de chaîne doit être attachée au manille. La somme de tous les éléments est donc la suivante : Hauteur du chariot (0,70 m) + Hauteur de la volée (0,25 m) + Hauteur des brins (1,5 m) + Hauteur du palan (0,40 m) + Hauteur de l'anneau et du manille (0,30 m) + Hauteur de la main de levage (0,20 m), ce qui donne un total de 3,35 mètres. En ajoutant les 0,50 mètres de la chaîne intermédiaire pour minimiser l'effort physique comme expliqué dans la partie sur l'optimisation de la tâche, on obtient un total de 3,85 mètres. Par conséquent, la longueur de chaîne à préparer sur les pieds est de 3,05 mètres et sur la tête de 0,55 mètre. Peut être vu quelques notes que j'ai fait dans mon cahier pour le calcul des distances dans l'annexe n° 2.

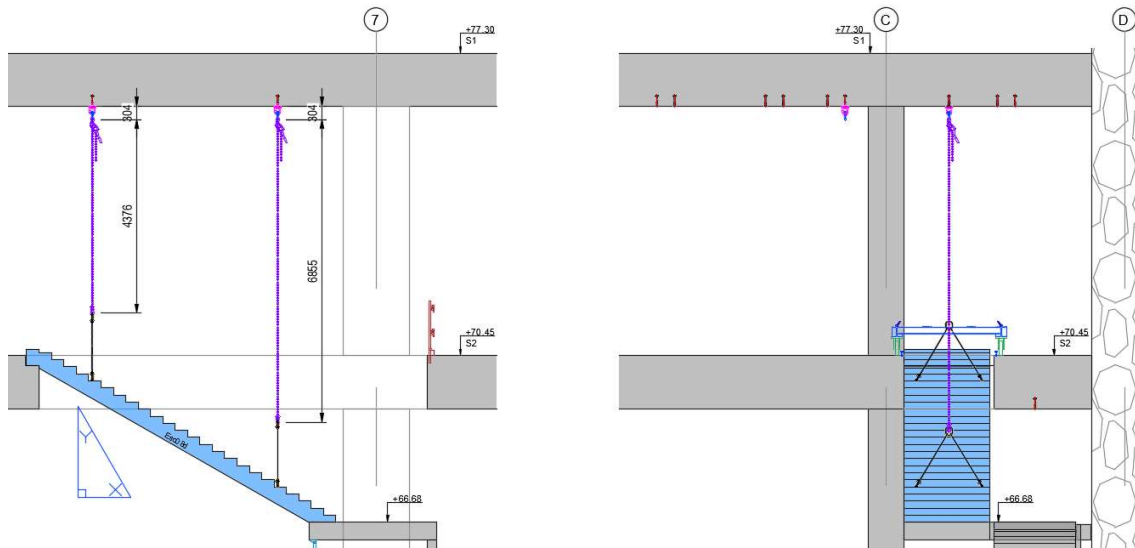


Figure 48. Longueur chaines lors la pose

- **Accès sous quais, biseau palier 8 et 10**

Les cages 8 et 10 de la gare sont celles qui vont permettre l'accès aux sous quais. Le voile sous volée a une porte pour accéder aux sous quais, donc la plateforme de ces deux cages sont différentes du reste de la cage. Elles doivent permettre l'accès, donc ils sont composés d'une porte, mais je me suis rendu compte que la hauteur entre l'escalier qui descend au sous quai et le palier de la cage n'était pas suffisante pour qu'une personne de taille moyenne puisse descendre normalement. Je donc avec l'aide de l'équipe de production ai proposé de faire un biseau pour respecter la hauteur de 2.10 mètres dans la descente, il a donc fallu dire à l'architecte qu'il s'agissait d'une erreur de conception dans les plans et il a été d'accord avec nous et que nous pouvions le modifier.

J'ai donc commencé à chercher quelle devait être la hauteur sur la première marche sous quais et pour cela il fallait faire un biseau. J'ai donc fait des calculs et j'ai décidé de laisser 10 cm à la verticale puis d'imposer un angle de 30 et 28 degrés pour la cage 8 et 10 respectivement pour obtenir la hauteur. J'ai donc fait les calculs trigonométriques suivants avec la nouvelle forme du palier pour l'envoyer à BE afin qu'il prenne en compte les modifications des plans.

Dans l'image suivante, je vous montre le résultat final du biseau en le comparant avec la conception précédente. Pour vous le montrer, j'ai choisi le cas de la cage 8. De plus, dans l'annexe n°2, vous pouvez voir dans la section du biseau les calculs que j'ai réalisés dans mon cahier pour obtenir l'angle et la distance du biseau.

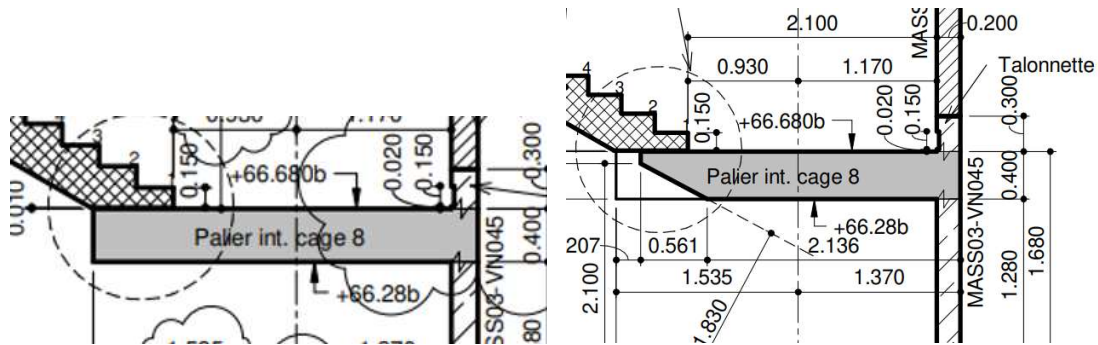


Figure 49. Biseau cage 8

- **Jeu de pose longitudinale et de distances entre le voile et la volée**

Un autre changement de critères au fil du temps est que la maîtrise d'œuvre nous a dit que la distance entre le voile sur le palier et la volée devait être de 2cm de plus, donc le plan que nous avons dessiné n'était pas valide puisqu'il avait la longueur de 1.88m . Après la modification des critères, la modification du plan a été effectuée pour respecter la décision du MOE et pour résoudre rapidement le problème. Ce qui a été fait, c'est de déplacer l'escalier de deux centimètres pour étendre la pose que j'avais définie de 2 cm à 4 cm de manière qu'à la fin, avec le déplacement vers l'extérieur du palier de deux centimètres, il resterait à la fin dans la position souhaitée, cette pose a été obtenue avec la réduction de 2 cm de la dernière marche qui serait parfaite puisqu'elle aurait 28 cm de longueur de marche comme le reste des marches.

Donc ici, vous voyez un exemple clair d'optimisation technique que j'ai faite pour résoudre le problème qui se posait sans avoir à refaire l'étude des escaliers et de l'escalier, simplement en modifiant le jeu de pose à la tête de l'escalier, j'ai pu respecter les indications du maître d'œuvre.

Dans l'image suivante vous pouvez voir la modification que j'ai faite à l'entreprise qui a fabriqué les escaliers dans le plan que nous avons envoyé, c'était une modification artisanale parce que nous devons déjà les fabriquer, pour pouvoir les recevoir dans les dates souhaitées parce que sinon nous devons attendre quelques jours pour avoir les plans mis à jour.

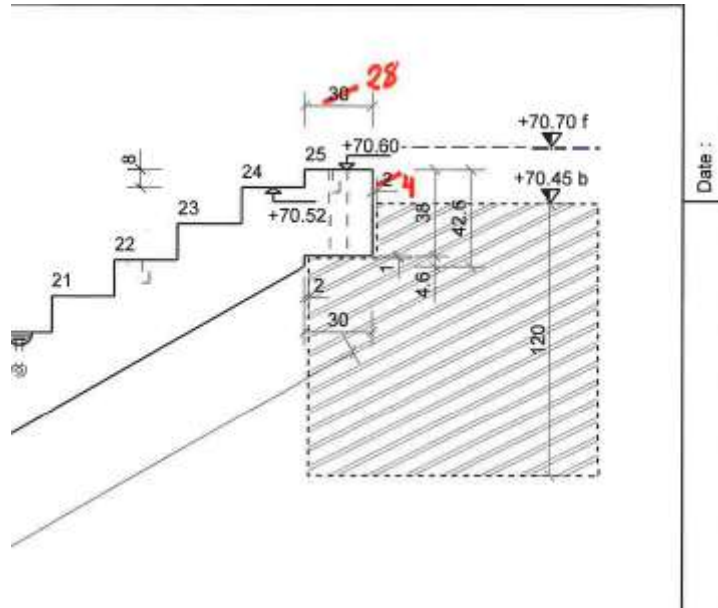


Figure 50. Modification longueur tête volée

Comme conclusion, j'aimerais souligner que parfois ce qui est anticipé sur le marché et ce qui est effectivement réalisé est différent, car le MOE et l'architecte apportent des modifications de conception, comme cela peut être observé dans les dernières sections (Voile sous volée, Accès sous quais, biseau palier 8 et 10, Jeu de pose longitudinale et de distances entre le voile et la volée). Un autre exemple de changement conceptuel est ce qui s'est produit avec les escaliers monumentaux, où nous devons parfois nous adapter aux contraintes imposées par les différents acteurs du projet. Dans ce cas, par exemple, il a fallu réduire les supports des escaliers 1 et 2 dans la dalle, ou encore la structure des escaliers qui partaient initialement de la base en béton seul et qui ont finalement été réalisés comme des escaliers mixtes, tels que la cage 1. Une cage d'escalier qui présentait une structure interne composée de 4 profilés HEB.



Figure 51. Pose cage 1

4.6 Impact sur le développement durable

Tout d'abord, je tiens à dire que la partie du projet dans laquelle mon TFE est développé se trouve dans la partie exécution, et non dans la partie conception, Cela signifie que tu ne peux donc pas agir sur le choix des matériaux ou les choix architecturaux, mais pendant la phase exécution tu peux réduire au maximum l'impact de la réalisation de la tâche en mettant en œuvre certaines mesures.

Lors de la conception de nombreux critères ont été définis suivant la loi MOP (Maîtrise d'Ouvrage Publique), tels que le treillis et le recyclage où l'on cherche également à favoriser l'économie circulaire en encourageant le recyclage et la réutilisation des matériaux de construction. C'est l'un des points sur lesquels j'ai accordé le plus d'importance à la réutilisation des matériaux, par exemple tous les paliers ont été réalisés avec un CP fond moule qui avait été utilisé précédemment dans d'autres phases, comme dans la réalisation de la dalle S2, ou encore un exemple clair de réutilisation des matériaux est le chariot pour déplacer les volées à l'intérieur de la gare, puisqu'il s'agissait d'une simple structure métallique que j'ai aménagée et à laquelle j'ai donné une seconde vie / utilisation, ce qui a permis d'éviter la création ou l'utilisation de nouveaux chariots.

Un autre point important en termes de développement durable est la préfabrication. L'idée de préfabriquer les escaliers a donc permis un plus grand contrôle des matériaux puisqu'ils n'ont pas eu à être fabriqués avec des cubages de béton supplémentaires et que l'usine est préparée avec des moules pour la réalisation des escaliers, ce qui a permis de réduire considérablement le coût des matériaux primaires tels que le bois pour leur coffrage.

Il y a également un autre point que nous aurions aimé aborder et qui contribue à la protection de l'environnement : nous aurions pu fabriquer davantage de voile en maçonnerie au lieu de CEP, mais ils ont refusé les maçonneries dans les zones publiques. De sorte que nous avons dû fabriquer du CEP. Je voudrais également souligner que Vinci et le projet de la ligne 18.1 ont du béton bas carbone. Un béton bas carbone est un béton dont l'impact carbone est réduit par rapport à un béton « classique ». On entend par béton classique un béton composé d'un ciment de type CEM I ou CEM II/A. Ces types de ciments sont des matériaux de base pour la production de béton, mais ils peuvent avoir un impact environnemental plus élevé en raison de l'émission de gaz à effet de serre associée à leur production.

En revanche, un béton bas carbone vise à réduire cet impact en utilisant des matériaux alternatifs ou des techniques de fabrication innovantes. Cela peut inclure l'utilisation de ciments à faible teneur en clinker, de déchets industriels comme substituts de matières premières, ou encore l'optimisation de la formulation du béton pour réduire la quantité de ciment nécessaire tout en maintenant les performances mécaniques.

L'objectif principal derrière le béton bas carbone est de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre associées à l'industrie de la construction, tout en conservant les propriétés et la durabilité du matériau.

4.7 Coût du projet

En ce qui concerne le budget, il n'est pas intéressant de montrer toutes les données sur le coût de l'escalier, mais il est vrai que grâce aux mesures prises dans la section de planification et d'optimisation des tâches, il a été possible de réduire le nombre d'heures de travail, c'est-à-dire les heures de main d'œuvre. Je voudrais aussi montrer les exemples de la cage 8 où peut-on voir toutes les mesures décrites dans le présent document. Par exemple, on observe qu'en réalisant le voile sous palier avant, cela réduit la quantité d'étalement à monter et démonter. De même, les avantages économiques du chariot, ainsi que les avantages économiques et en main-d'œuvre du mannequin par rapport à un coffrage traditionnel, sont également visibles dans le tableau.

Un autre point, non directement lié à l'économie mais qui contribue à la réduction de la main-d'œuvre, concerne les palans pneumatiques, où plus de la moitié du temps est économisée, offrant ainsi un meilleur confort aux compagnons. De plus, le fait de ne pas devoir descendre les volées jusqu'aux quais évite l'utilisation d'étalement sous quais, ce qui permet d'économiser sur les coûts de location, de montage et de démontage, tout en éliminant la nécessité d'effectuer cette tâche.

Enfin, il est également possible de constater que le temps de main-d'œuvre nécessaire à la réalisation du voile sous volée est réduit, car il est effectué en une seule phase au lieu de deux. Voici le tableau comparatif pour la cage 8 :

| Cage 8 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|-----|------------|--------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|-----|------------|--------------|
| Prévu | | | | | | Optimisation | | | | | |
| Tâche | | Prix/U - Prix/h | Qté | Prix (€) | Temps MO (h) | Tâche | | Prix/U - Prix/h | Qté | Prix (€) | Temps MO (h) |
| Etaiements Paliers | Loc. Montage/ Démontage | 1.239,67 € | 3 | 3.719,00 € | 15 | Etaiements Paliers | Loc. Montage/ Démontage | 1.239,67 € | 2 | 2.479,33 € | 10 |
| Remorque industrielle | Location | 250,00 € | 3 | 750,00 € | 4 | Chariot | MO | 44,62 € | 2 | 89,24 € | 2 |
| Coffrage tradi | MO | 44,62 € | 14 | 624,68 € | 14 | Mannequin | MO | 44,62 € | 0,5 | 22,31 € | 0,5 |
| | Consommables | 6,56 € | 10 | 65,60 € | | | Fab + Transport | 111,50 € | 1 | 111,50 € | |
| Palan manuel | | 44,62 € | 8 | 356,96 € | 8 | Palan pneumatiques | MO | 44,62 € | 3 | 133,86 € | 3 |
| Sous étaielement S3 | Loc. Montage/ Démontage | 2.159,67 € | 1 | 2.159,67 € | 10 | Sous étaielement S3 | Loc. Montage/ Démontage | - | - | 0,00 € | 0 |
| Voile Sous (2 phases) | MO | 44,62 € | 16 | 713,92 € | 16 | Voile Sous volée (1 phase) | MO | 44,62 € | 12 | 535,44 € | 12 |
| Limon | MO | 44,62 € | 12 | 535,44 € | 12 | Limon | MO | 44,62 € | 8 | 356,96 € | 8 |
| | | | | 8.925,27 € | 79 | | | | | 3.728,64 € | 35,5 |

Tableau 9. Comparatif budgétaire cage 8

De plus, ce tableau devrait également inclure les heures réduites grâce à les planches de coactivité et à la planification des livraisons de la grue, qui contribuent à gérer et à optimiser davantage le temps. Cependant, ce sont des facteurs difficiles à quantifier.

D'autre part, j'aimerais présenter un tableau comparatif de l'outil de reconstitution des escaliers pour la 9B. Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessous, il n'y a pas beaucoup de différence économique d'une mesure à l'autre, mais il est vrai que si l'outil est finalement utilisé pour d'autres escaliers, le bilan est beaucoup plus positif, mais le point fort de ce choix n'est pas seulement l'avantage économique, mais aussi le temps qui n'est pas employé au coffrage et qui peut être utilisé pour une autre tâche.

| Reconstitution 9B | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----|----------|------------------------|-----------------|-----|----------|
| Outil -Module | | | | Traditionnel | | | |
| Tâche | Prix/U - Prix/h | Qté | Prix (€) | Tâche | Prix/U - Prix/h | Qté | Prix (€) |
| Plan | 0,00 € | 0 | 0,00 € | Consommables CP | 117,24 € | 2,5 | 293,10 € |
| Fabrication | 520,00 € | 1 | 520,00 € | Consommables Bastaings | 6,56 € | 4 | 26,24 € |
| MO (h) | 44,62 € | 2 | 89,24 € | MO (h) | 44,62 € | 7 | 624,68 € |
| | | | 609,24 € | | | | 944,02 € |

Tableau 10. Budget Outil marches

En conclusion, je voudrais souligner que les mesures que j'ai prises ont effectivement contribué à réduire le nombre d'heures de travail et ont permis d'aborder d'autres tâches, et je voudrais souligner l'utilisation du chariot au lieu du remorque, qui a donné une réduction très importante des dépenses.

6. Conclusions

Le travail de fin d'étude a été un témoignage de réussite dans le développement des tâches assignées. Bien que le délai initialement fixé n'ait pas été entièrement respecté, les résultats obtenus ont été satisfaisants, avec des normes de qualité élevées et sans accidents. Ce résultat démontre l'efficacité des mesures mises en œuvre et l'attention portée à la sécurité et à la prévention.

Il est particulièrement important de souligner que les stratégies et les procédures détaillées dans ce travail d'étude finale sont facilement applicables dans les travaux futurs, tels que la ligne 15 Ouest du GPE, qui débutera dans un an, donc ce document peut être partie d'un REX- retour d'expérience. Cette expérience devient un retour d'expérience précieux pour l'entreprise, garantissant une approche plus solide et plus efficace dans les projets futurs.

Tout au long de cette période de 6 mois, j'ai pu démontrer ma capacité d'adaptation et ma flexibilité face aux défis qui se sont présentés. La capacité à réévaluer et à s'adapter aux circonstances changeantes a été la clé de la réussite globale du projet. Je pense que mon attitude d'apprentissage constant et ma disponibilité permanente m'ont aidé à apprendre autant que possible et à atteindre les objectifs décrits au début du document.

Enfin, il est nécessaire d'exprimer ma profonde gratitude pour l'opportunité qui m'a été donnée de faire partie de ce groupe de travail. La collaboration, la volonté et l'attention dont ont fait preuve tous les membres ont été fondamentales pour obtenir le meilleur résultat possible. La synergie et la direction unifiée de l'équipe ont été un grand avantage, qui nous a permis de relever les défis et de surmonter les obstacles avec succès.

En résumé, cette expérience a été enrichissante tant sur le plan professionnel que personnel. Elle a démontré l'importance d'une planification minutieuse, de la qualité, de la prévention et du travail d'équipe. Je suis reconnaissant d'avoir eu la chance de participer à ce projet et j'espère que les leçons apprises ici contribueront à la réussite de futures initiatives au sein de l'entreprise et sur le plan personnel.

7. Liste figures et tableaux



| | |
|---|----|
| Figure 1. Rapprochement des sociétés Dodin et Campenon Bernard (2003) | 9 |
| Figure 2. GPE 2030 | 11 |
| Figure 3. Distribution Ligne 18 | 11 |
| Figure 4. Gare Massy Palaiseau..... | 12 |
| Figure 5. Organigramme production de la gare MAS..... | 12 |
| Figure 6. Organigramme de la gare MAS | 13 |
| Figure 7. Maquette..... | 14 |
| Figure 8. Repérage Niveau S2 | 15 |
| Figure 9. Repérage niveau quai..... | 15 |
| Figure 10. Cages 6 et 7 | 16 |
| Figure 11. Cages 8, 9 et 10 | 16 |
| Figure 12. Cage 8 et 10 sous quais | 17 |
| Figure 13. Planning Général | 19 |
| Figure 14. Produire en sécurité..... | 20 |
| Figure 15. Chronologie avant démarrage de la tâche..... | 20 |
| Figure 16. Mesures adoptées..... | 26 |
| Figure 17. Trémie d'approvisionnement..... | 27 |
| Figure 18. Descente des volées jusqu'à dalle S3..... | 27 |
| Figure 19. Descente des volées jusqu'à dalle S2..... | 28 |
| Figure 20. Vue positions boutons..... | 28 |
| Figure 21. Portique sous quais | 29 |
| Figure 22. Trémies dalle S2 et Plot 5 et 6..... | 30 |
| Figure 23. Planning anticipation 9B..... | 30 |
| Figure 24. Coactivité S2 poste Matin | 32 |
| Figure 25. Voile sous palier après décoffrage | 33 |
| Figure 26. Voile sous palier cages 8, 10 | 33 |
| Figure 27. Montage étaieement palier sous quais..... | 34 |
| Figure 28. Chariot transportant la volée | 35 |
| Figure 29. Parcours chariot dalles S2 | 35 |
| Figure 30. Structure chariot | 36 |
| Figure 31. Roues chariot..... | 36 |
| Figure 32. Gains coulage de la volée..... | 37 |
| Figure 33. Voile sous volée..... | 37 |
| Figure 34. Planning voile sous volée | 38 |
| Figure 35. Plan de fabrication 9B | 39 |
| Figure 36. Dessin outil escaliers | 40 |
| Figure 37. Mannequin voile cage 7 | 41 |
| Figure 38. Inserts volée 9B | 42 |
| Figure 39. Inserts et suspension volée 9B | 42 |
| Figure 40. Inserts sous face dalle S2 | 43 |
| Figure 41. Choix 1 palan | 44 |
| Figure 42. Choix 2 palans pneumatiques..... | 44 |
| Figure 43. Positions cales béton..... | 45 |
| Figure 44. Stabox volée 8c | 46 |
| Figure 45. Position PPM | 46 |
| Figure 46. Coupe position grue mobile | 47 |

| | | |
|--|---------------------------------|----|
| Figure 47. Longueur brins | 48 | |
| Figure 48. Longueur chaines lors la pose | 49 | |
| Figure 49. Biseau cage 8..... | 50 | |
| Figure 50. Modification longueur tête volée | 51 | |
| Figure 51. Pose cage 1..... | 51 | |
| Figure 52: Projet ITER - Tokamak | 61 | |
| Figure 53. GPE 2030 | 62 | |
| Figure 54. Distribution Ligne 18 | 63 | |
| Figure 55. Parcours TBM1 et TBM2 | 63 | |
| Figure 56. Entreprises Lot 18.1..... | 64 | |
| Figure 57. Dimensions portique | 68 | |
| Figure 58. Pose volée sous quais..... | 68 | |
| Figure 59. Stockage volée 9B | 69 | |
| Figure 60. Coactivité N0 | 69 | |
| Figure 61. Coactivité S1..... | 70 | |
| Figure 62. Coactivité S2 poste Soir..... | 70 | |
| Figure 63. Coactivité S3 Quais..... | 71 | |
| Figure 64. Voile sous palier cage 8..... | 71 | |
| Figure 65. Chariot avec volée 10D..... | 72 | |
| Figure 66. Gaine coulage voile sous volée | 72 | |
| Figure 67. Events volée 8D | 73 | |
| Figure 68. 9B côté désactivé | 74 | |
| Figure 69. Inserts et palans 9B | 74 | |
| Figure 70. Mannequin cage 7..... | 75 | |
| Figure 71. Procédure inserts de capsule | 76 | |
| Figure 72. Plaque inserts 9B..... | 77 | |
| Figure 73. Mise en place des palans aires..... | 77 | |
| Figure 74. Pose petite volée 8C..... | 78 | |
| Figure 75. Stabox volée | 78 | |
| Figure 76. Plan fabrication 8c..... | 79 | |
| Figure 77. Descente volée | 80 | |
| Figure 78. Abaque PPM 150T | 81 | |
| Figure 79. Calcul chaines 1 | Figure 80. Calcul chaine 2..... | 82 |
| Figure 81. Calcul biseau 1 | Figure 82. Calcul biseau 2..... | 82 |
| Figure 83. Coffrage biseau cage 10 | 83 | |
| Figure 84. Plan fab 8D modifié pour le jeu de pose | 84 | |

TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1. Plan de décision cage 6..... | 21 |
| Tableau 2. Taux d'avancement cage 8 | 21 |
| Tableau 3. Métrés Volées..... | 22 |
| Tableau 4. Métrés paliers..... | 22 |
| Tableau 5. Métrés massifs d'appuis | 23 |
| Tableau 6. Métrés poteaux | 23 |
| Tableau 7. Métrés voiles | 23 |
| Tableau 8. Personnel..... | 24 |
| Tableau 9. Comparatif budgétaire cage 8 | 54 |
| Tableau 10. Budget Outil marches | 55 |
| Tableau 11. Plan de décision cage 7 | 64 |
| Tableau 12. Plan de décision cage 8 | 65 |
| Tableau 13. Plan de décision cage 9 | 65 |
| Tableau 14. Plan de décision cage 10 | 66 |
| Tableau 15. Taux d'avancement cage 6 | 66 |
| Tableau 16. Taux d'avancement cage 7 | 66 |
| Tableau 17. Taux d'avancement cage 9 | 67 |
| Tableau 18. Taux d'avancement cage 10 | 67 |

8. Bibliographie

DODIN CAMPENON BERNARD : <https://www.dodincampenonbernard.fr/accueil/>
[17/06/2023]

Matériel de support de la plate-forme Share point L.18.1 :
<https://vincic.sharepoint.com.com/sites/DCB-L18-LOT-1> [Février - Aout 2023]

VINCI : <https://www.vinci.com/> [17/06/2023]

SOCIETE DU GRAND PARIS : <https://www.societedugrandparis.fr/> [17/06/2023]

9. Annexe n°1. Entreprise

9.1 Organisation :

Le groupe VINCI est un leader mondial dans trois métiers :

- VINCI Concessions est un acteur international des infrastructures de transport. Grâce à son modèle économique intégré, VINCI Concessions conçoit, finance, construit, exploite et maintient près de 80 projets aéroportuaires, autoroutiers et ferroviaires dans 24 pays à travers ses filiales VINCI Airports, VINCI Highways et VINCI Railways. Engagé dans une croissance partagée avec les collectivités locales, VINCI Concessions œuvre pour une mobilité toujours plus durable, performante et innovante.
- VINCI Energies accélère le déploiement des nouvelles technologies au service de deux mutations majeures : la transition énergétique et la transformation numérique. Ancrées dans les territoires, agiles et innovantes, ses 1 800 entreprises, présentes dans 55 pays,

rendent chaque jour les bâtiments, les usines, les infrastructures d'énergie, de transport et de communication et les systèmes d'information plus fiables, plus sûrs, plus performants et plus durables.

- VINCI Construction construit des bâtiments, des ouvrages et des infrastructures qui améliorent la qualité de vie, la mobilité et la compétitivité économique des communautés locales. Organisé en trois composantes complémentaires - les métiers spécialisés, les grands projets et les réseaux locaux - VINCI Construction couvre une gamme inégalée de compétences et d'implantations dans une centaine de pays.

Aujourd'hui Dodin Campenon Bernard fait partie de la division Grands projets du pôle Vinci Construction (Groupe VINCI).



Filiale du Groupe VINCI, les métiers de l'entreprise sont le management, la conception et la réalisation de projets d'infrastructure complexes. Dodin Campenon Bernard porte le savoir-faire, les compétences et l'agilité des entreprises Dodin et Campenon Bernard qui ont marqué la profession en France et à l'international.

L'entreprise s'illustre et fait parler son expertise dans les domaines suivants :



Infrastructures de transport

- Ouvrage d'Art
- Travaux Souterrains
- Travaux Maritimes et Fluviaux



Infrastructures hydrauliques

- Barrages
- Tunnels et Galeries



Energies

- Réacteurs
- Hydroélectrique



Ouvrages fonctionnels

- Bâtiments fonctionnels (Centres Commerciaux, musées, etc)
- Stades



Environnement

- Stations d'épurations

9.2 Projet :

Le Grand Paris Express (GPE) est un projet par lequel la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) souhaite étendre la taille de son réseau de transport par train sur l'ensemble du territoire de l'Île-de-France. Il s'agit d'un projet qui répond à plusieurs objectifs ambitieux : favoriser le développement économique, lutter contre l'étalement urbain, réduire la pollution, entre autres. Ce projet stratégique métropolitain prévoit 15 ans de travaux pour réaliser un peu plus de 200 km de nouvelles lignes de métro, dont certaines sont créées de toutes pièces et d'autres sont prolongées, comme 18 et 14 respectivement. Au total, il s'agit de l'extension ou de la construction à partir de zéro de 5 lignes de métro, avec la construction de 68 gares et d'une multitude d'ouvrages annexes (OA). La majeure partie du projet sera souterraine, c'est-à-dire 85% en souterrain et les 15% restants en aérien, comme c'est le cas par exemple pour la ligne 18 lot 2 et une petite section de la ligne 17.

Dans le cadre des travaux d'aménagement, la RATP veut créer davantage de connexions entre l'île de France et ses deux plus importants aéroports, car aujourd'hui ils ne sont accessibles que par le train depuis le RER B. Une fois le GPE achevé, ce ne sera plus le cas, puisque la ligne 17 reliera l'aéroport de Charles de Gaulle et les lignes 18 et 14 l'aéroport d'Orly.

Dans l'image suivante, vous pouvez voir comment les nouvelles lignes de métro sont distribuées dans la région parisienne, dans laquelle vous pouvez voir que pratiquement toutes les lignes contournent la ville de Paris, en passant par les villes voisines. De plus, dans la figure 1, vous pouvez voir qu'il y a une partie de la ligne 18 qui est prévue pour aller au-delà du Grand Paris Express.



Figure 53. GPE 2030

Ensuite, la ligne 18 à laquelle j'ai eu le plaisir de pouvoir apporter mon petit grain de sable. La ligne 18 est une ligne qui veut relier le sud de Paris transversalement à l'ouest, c'est-à-dire de l'aéroport d'Orly à Versailles et puis dans le futur elle rejoindra le nord jusqu'à Saint Denis. Le 18e est actuellement divisé en 3 lots, deux lots souterrains et un lot aérien situé entre les deux autres. La gare de Massy Palaiseau est située dans le lot 1 qui est composé de 3 gares et de 12 ouvrages annexes, il possède également deux tunneliers, le TBM 1 appelé Caroline qui va de OA8 à OA1, et le TBM 2 appelé Céline qui va de TCTO (tranchée ouverte-tranchée couverte) à OA8 et c'est donc lui qui traverse la gare de Massy Palaiseau. Ce sont des tunneliers de 9,15 mètres de diamètre et ils doivent parcourir un peu plus de 6000 mètres à travers un terrain comportant 3 formations géologiques.

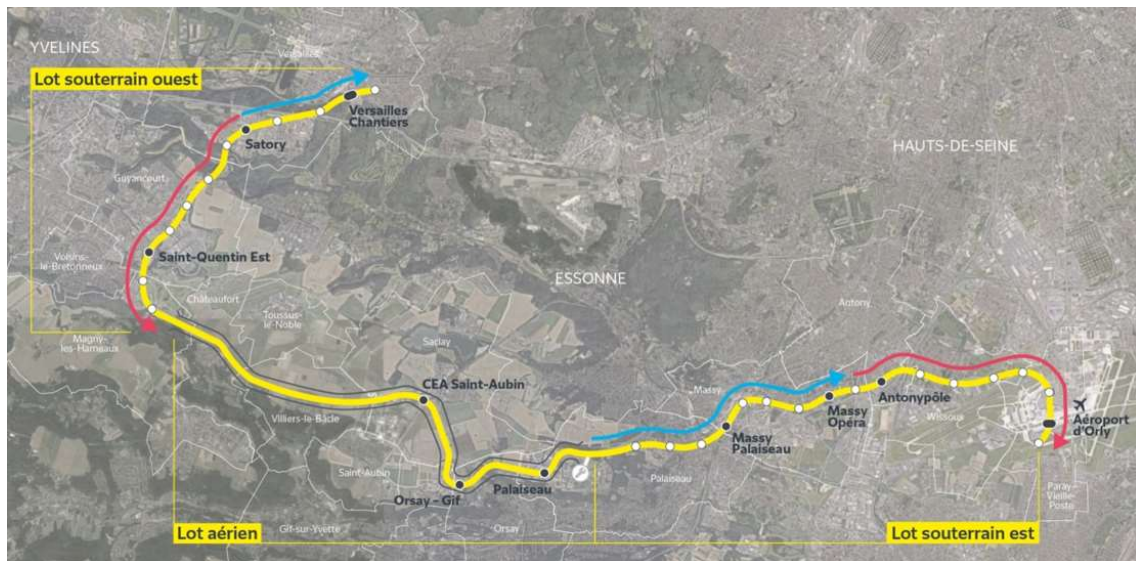


Figure 54. Distribution Ligne 18

Pour la réalisation de ce premier lot et des 11,8 km de tunnels deux tunneliers (TBM1 et TBM2) où vous pouvez différencier en bleu le TBM2 avec la direction et les mètres parcourus, vous pouvez voir comment le tunnel TBM2 commence en TCTO jusqu'à ce qu'il atteigne le point de départ du TBM1 c'est-à-dire le OA8.

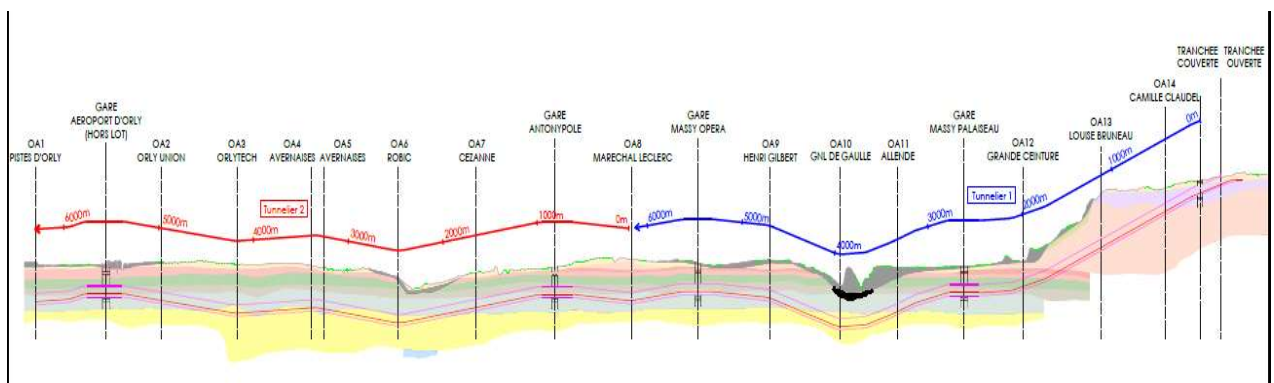


Figure 55. Parcours TBM1 et TBM2

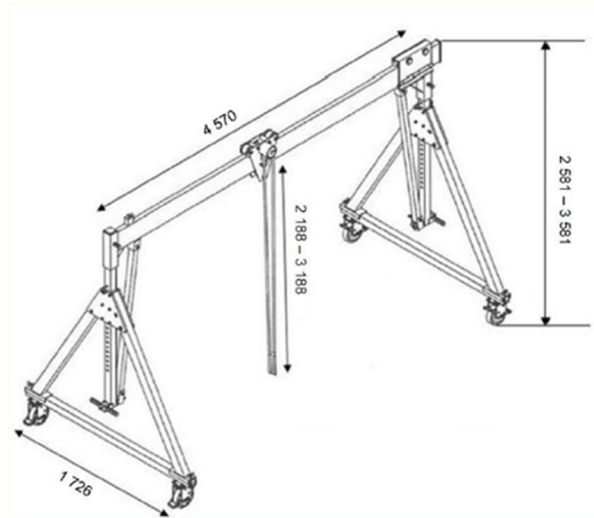


Figure 57. Dimensions portique

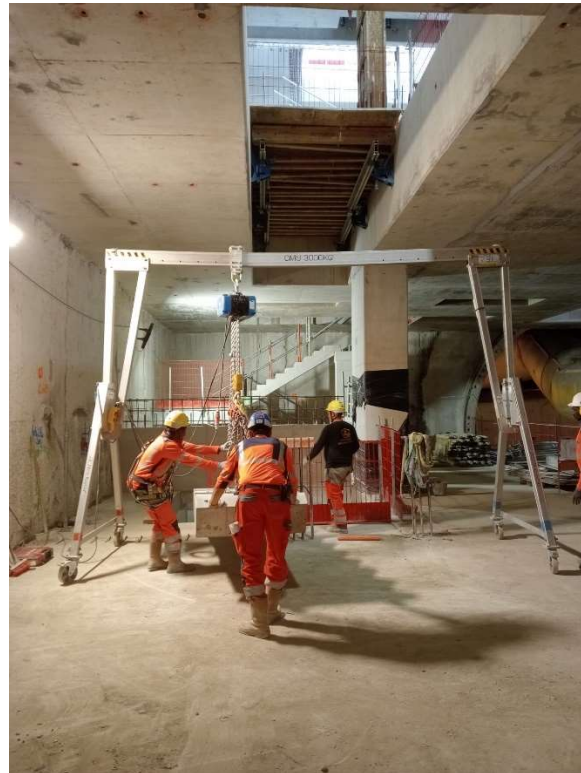


Figure 58. Pose volée sous quais

- **Anticipation descente volée 9B**

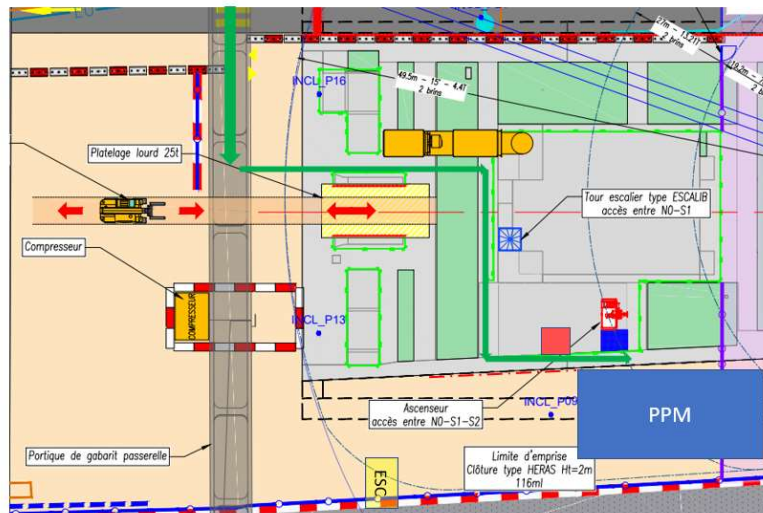


Figure 59. Stockage volée 9B

- Coactivité dans la gare

Niveau: N0

04/07/2023



Livraisons:
-Prémurs
-(Camion liernes)

Escalib

Figure 60. Coactivité N0

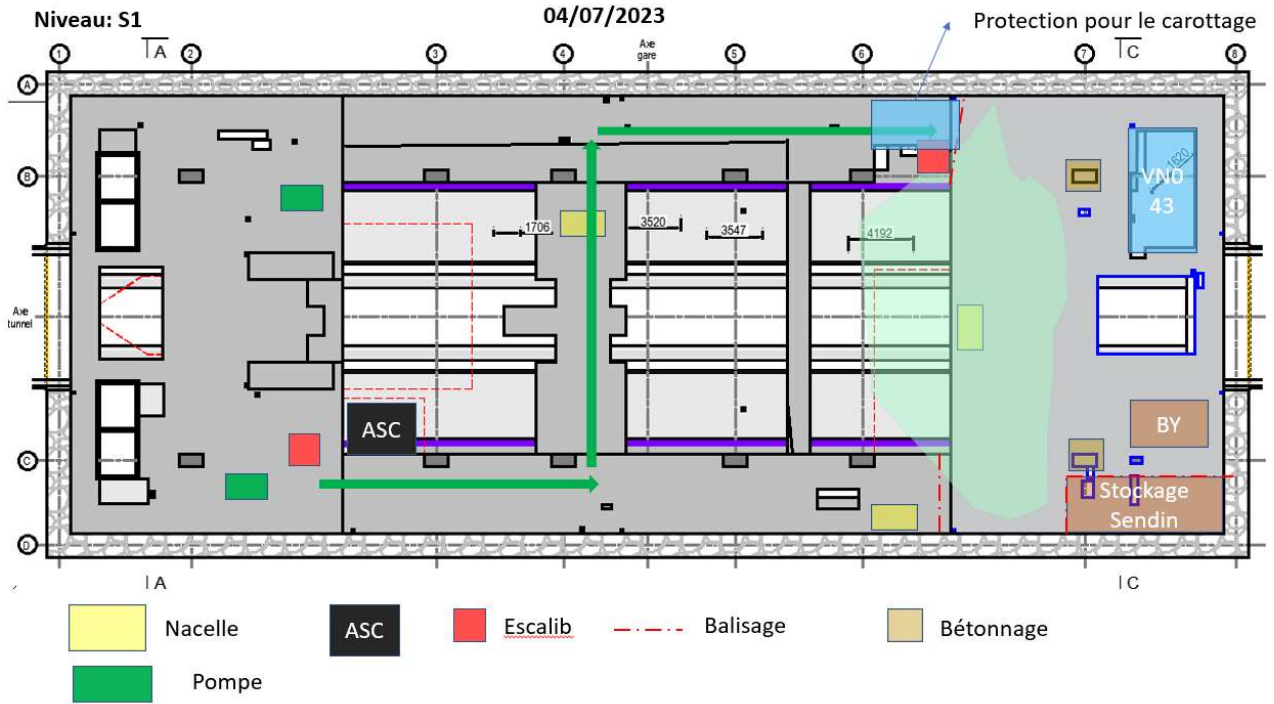


Figure 61. Coactivité S1

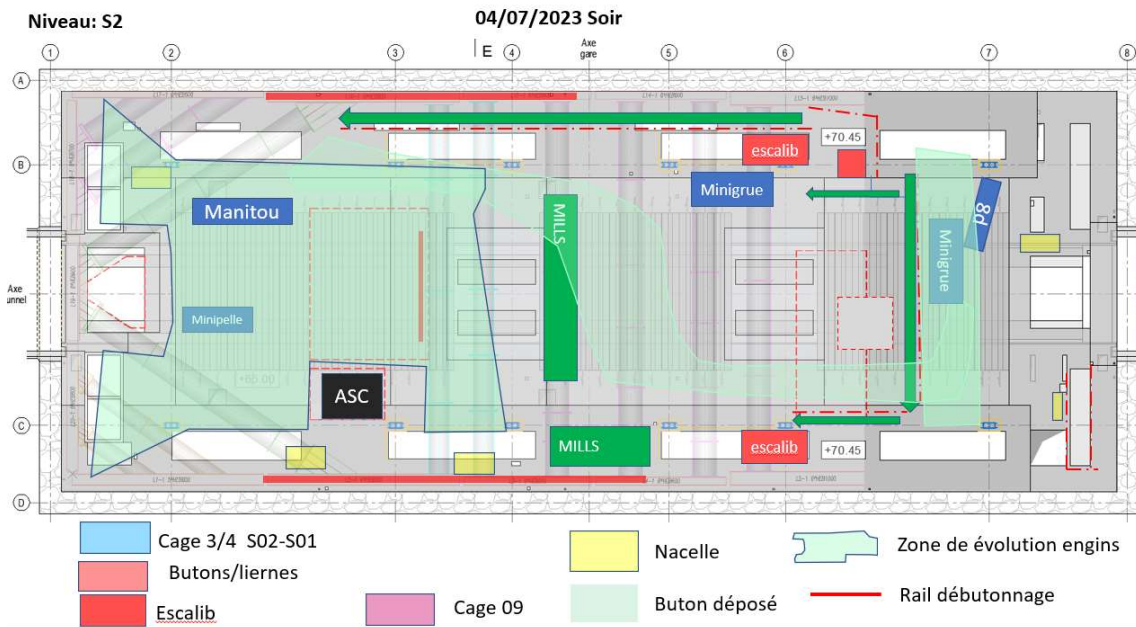


Figure 62. Coactivité S2 poste Soir

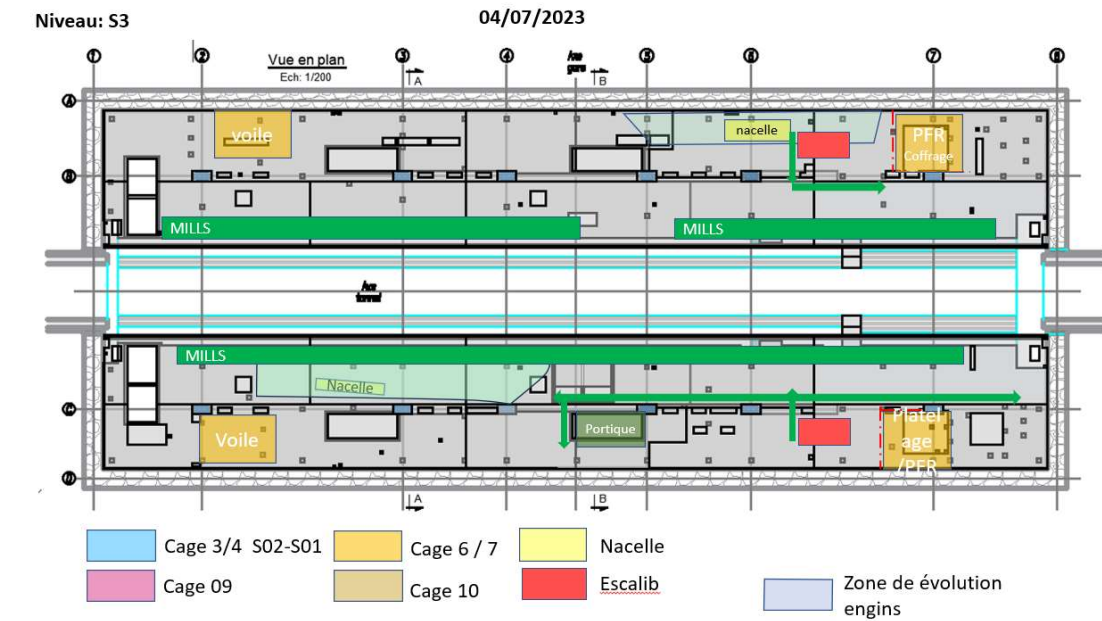


Figure 63. Coactivité S3 Quais

10.2 Optimisation taches

- Réalisation voile sous palier



Figure 64. Voile sous palier cage 8

- Chariot



Figure 65. Chariot avec volée 10D

- Voile sous volée

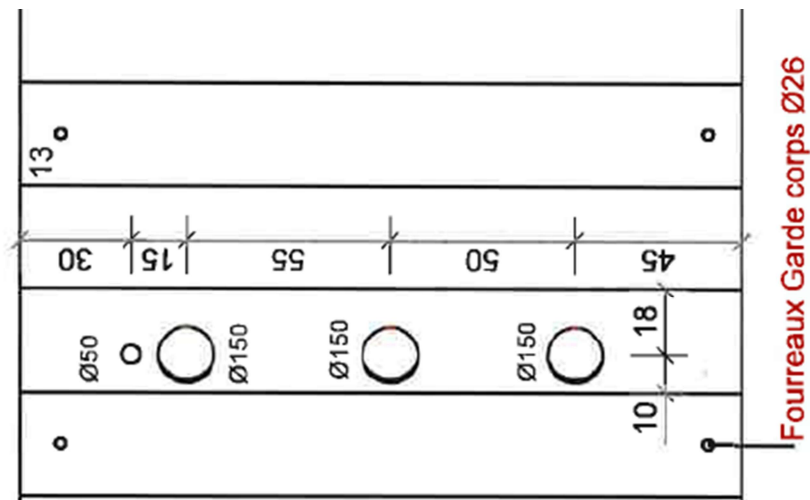


Figure 66. Gaine coulage voile sous volée



Figure 67. Events volée 8D

- Pose et coupe de la volée 9B



Figure 68. 9B côté désactivé



Figure 69. Inserts et palans 9B

- Portes et réservations en bois



Figure 70. Mannequin cage 7

10.3 Techniques

- Inserts

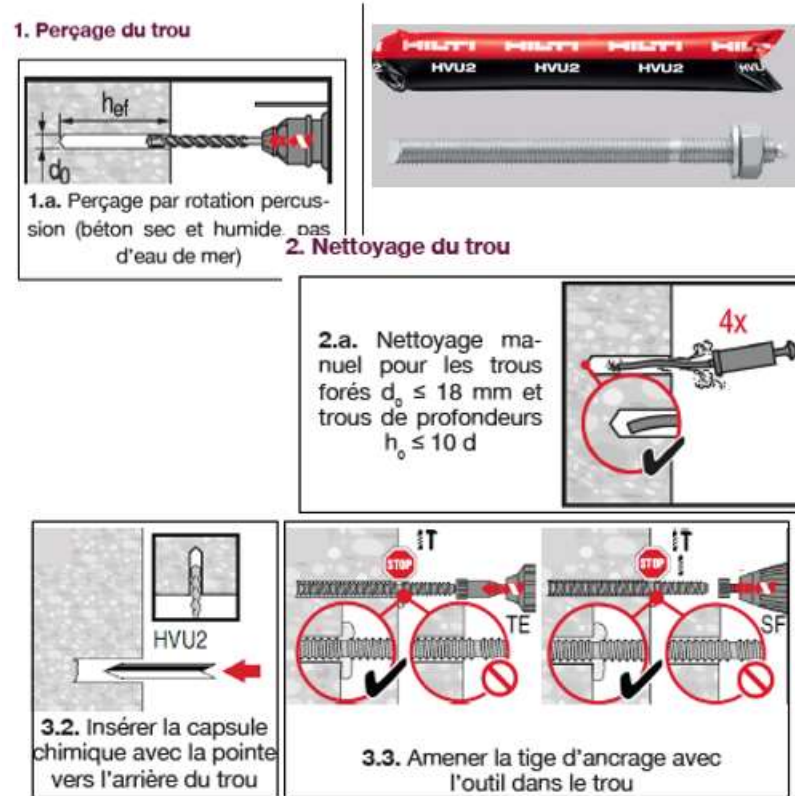


Figure 71. Procédure inserts de capsule



Figure 72. Plaque inserts 9B

- Palans

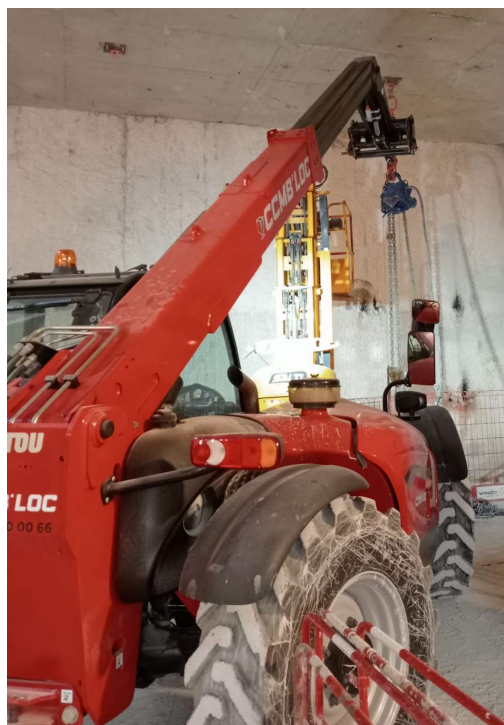


Figure 73. Mise en place des palans aires

- Pose de la petite volée



Figure 74. Pose petite volée 8C

- Limon



Figure 75. Stabox volée

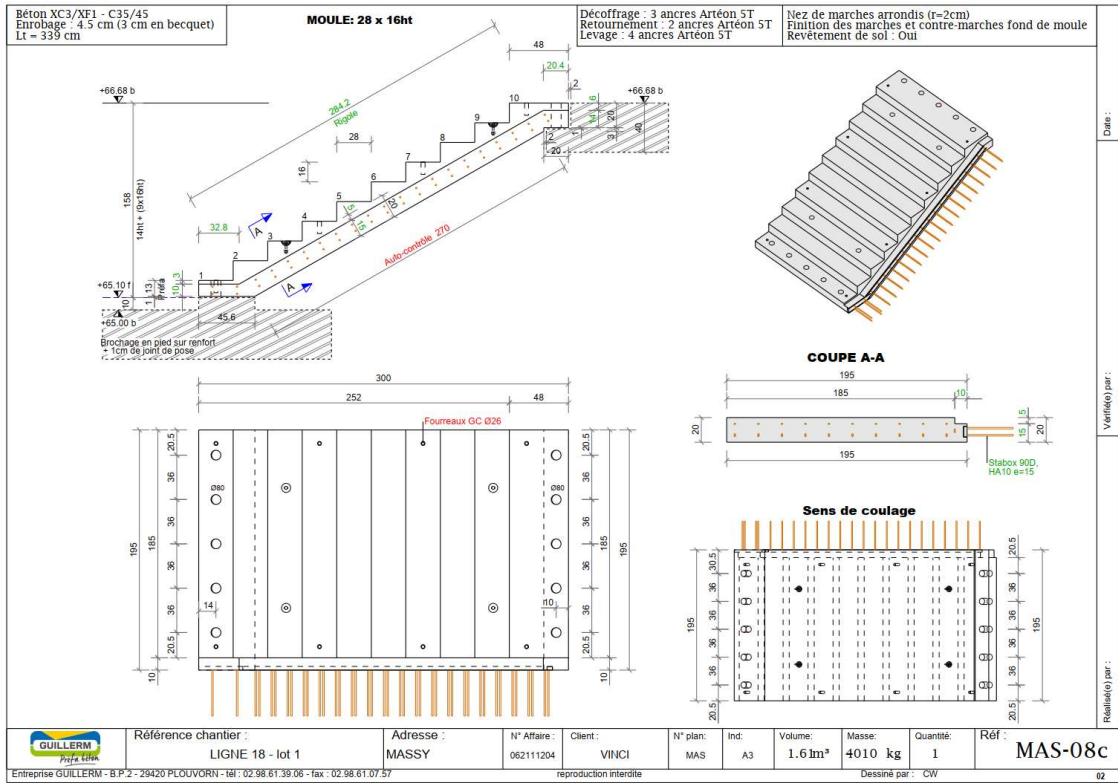


Figure 76. Plan fabrication 8c

- **Grue, position et type**

Un exemple très clair de coactivité.

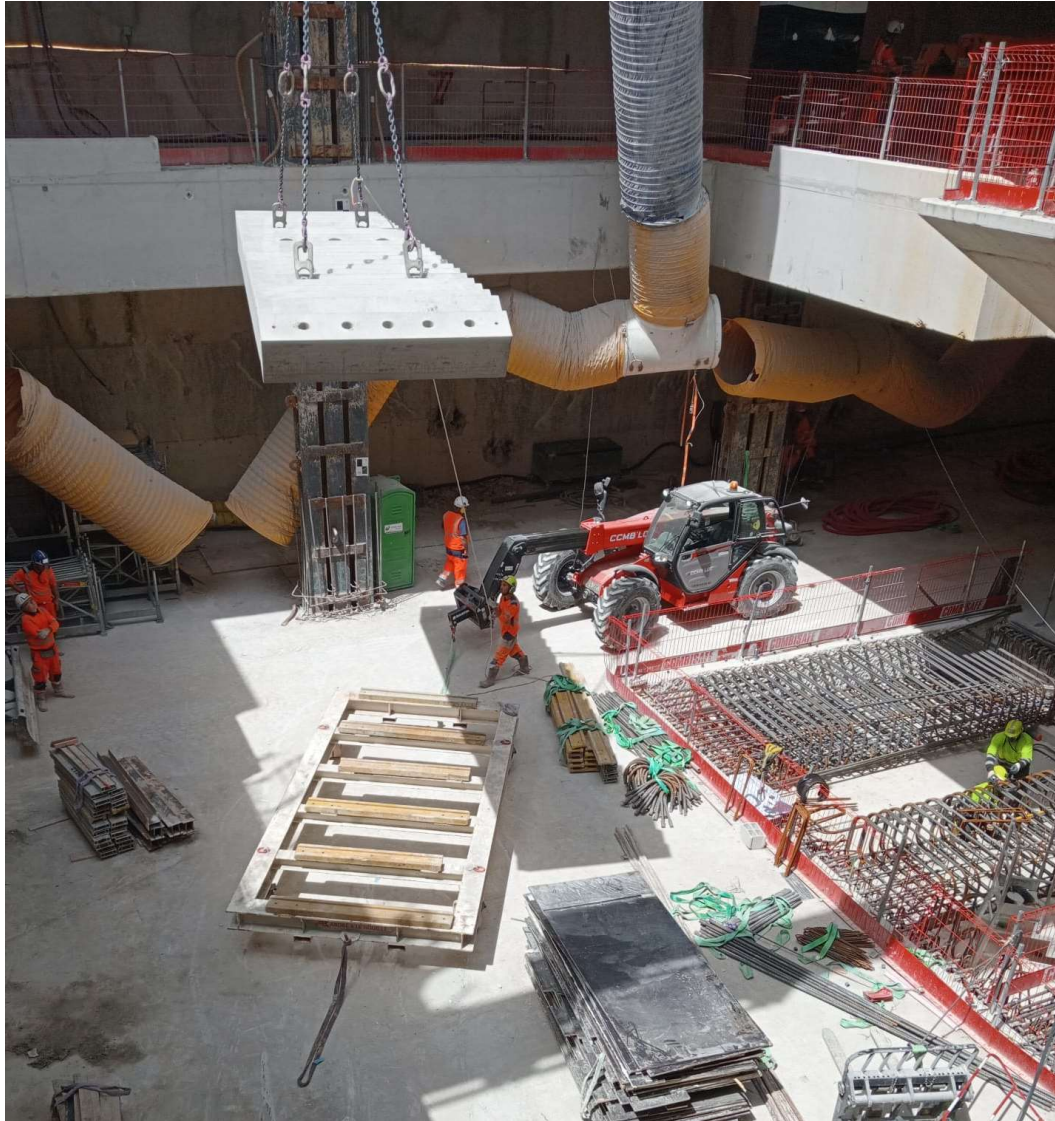


Figure 77. Descente volée

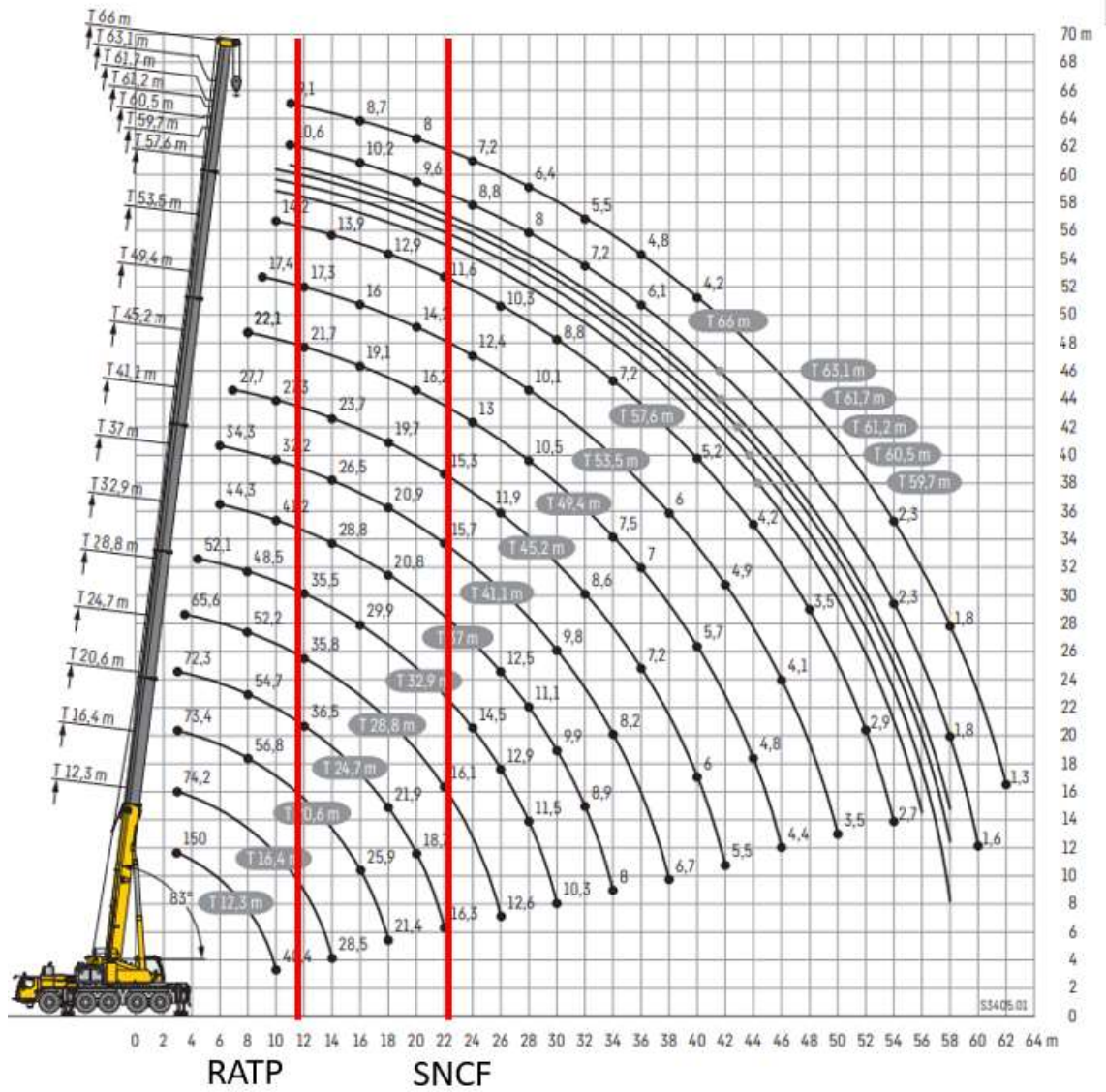


Figure 78. Abaque PPM 150T

- Longueur et type de chaînes

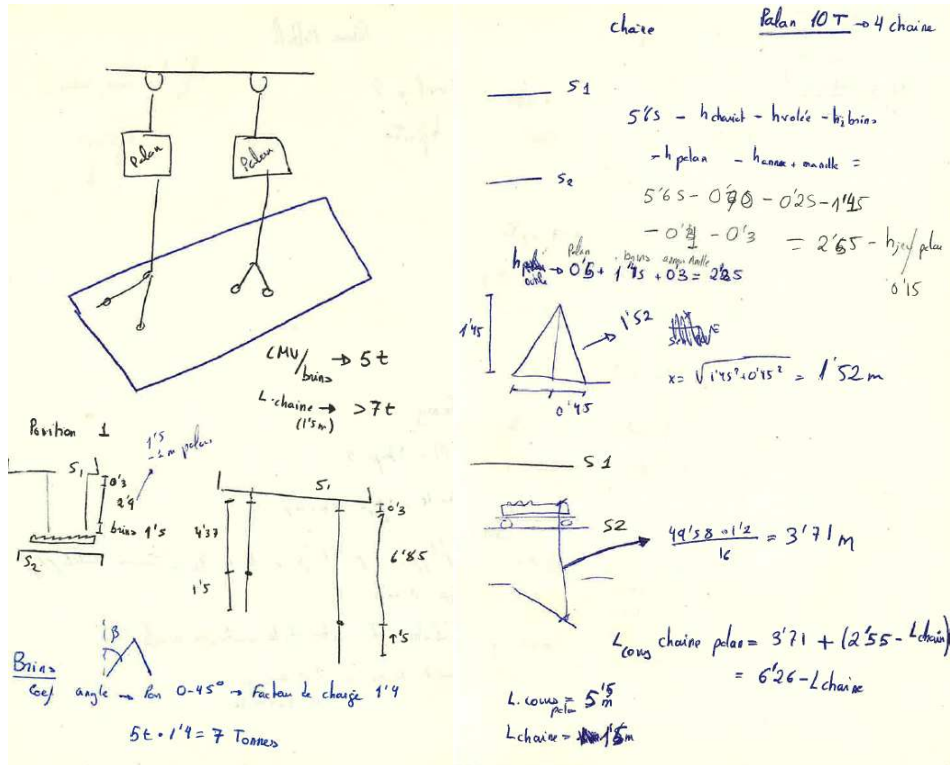


Figure 79. Calcul chaines 1

Figure 80. Calcul chaîne 2

- Accès sous quais, biseau palier 8 et 10

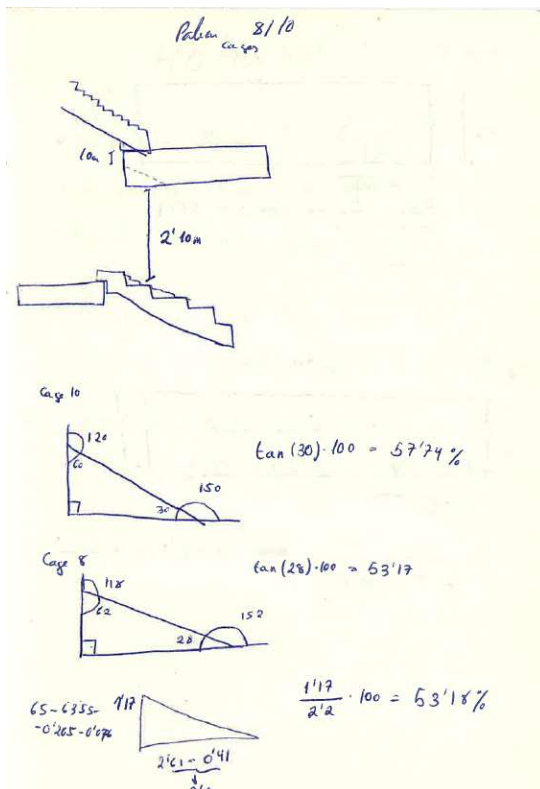


Figure 81. Calcul biseau 1

Figure 82. Calcul biseau 2



Figure 83. Coffrage biseau cage 10

- Jeu de pose longitudinale et de distances entre le voile et la volée

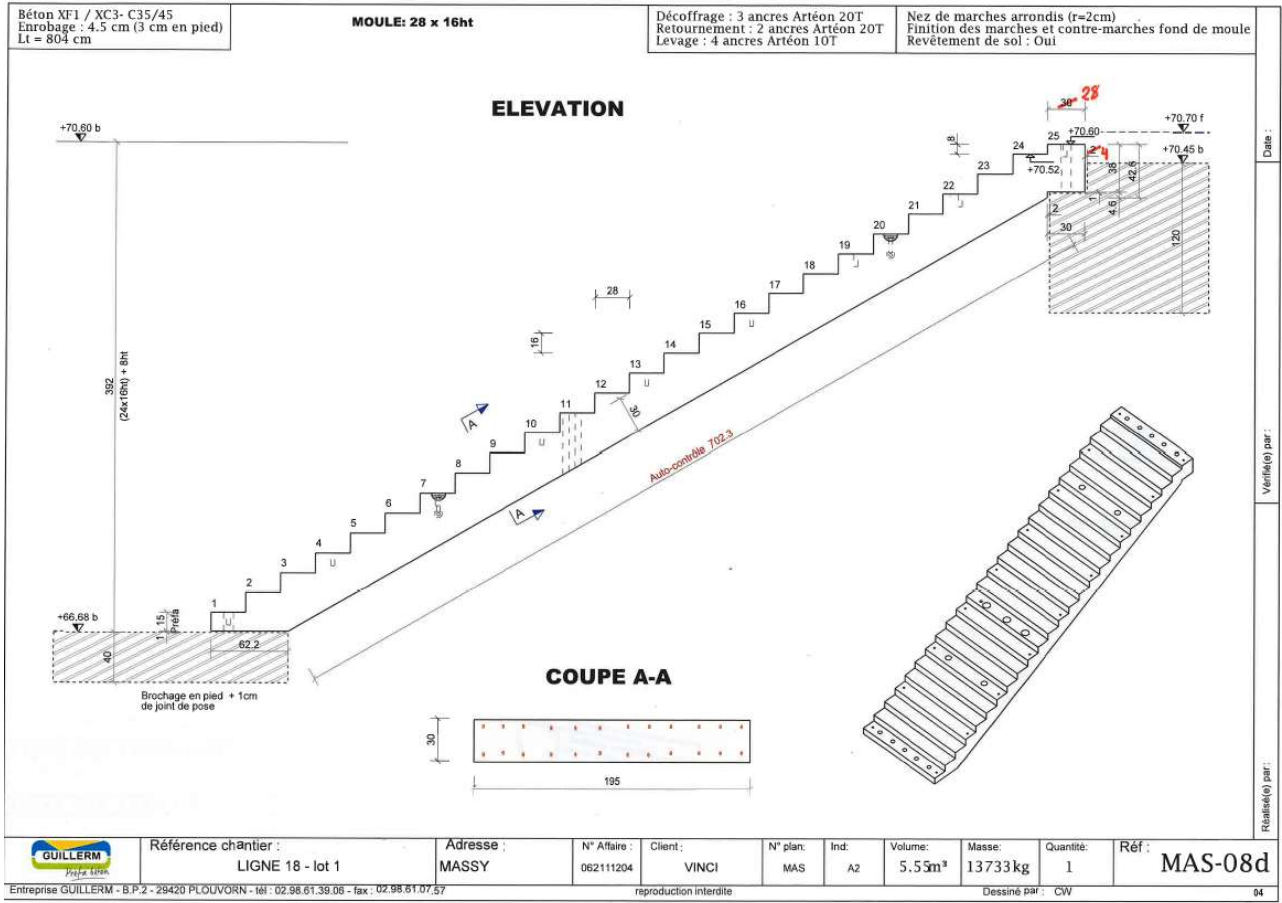


Figure 84. Plan fab 8D modifié pour le jeu de pose