

Rapport de stage

Pour le diplôme d'ingénieur de l'Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris

Année 2025-2026

« L'ingénieur à la fois maillon technique et coordinateur stratégique dans le rôle de bureau d'étude aux Etats-Unis »



ASTIER Axel

Promotion 65

19/01/2026-19/07/2026

Sous la direction de : Jordan Hague, Maître de Stage

Nadège Morel, Tuteur EIVP

RAPPORT NON CONFIDENTIEL

Notice Bibliographique

AUTEUR du mémoire			
NOM	ASTIER		
Prénom	Axel		
ORGANISME de stage			
NOM organisme	DCI Engineers San Francisco		
NOM, Prénom du maître de stage	Jordan Hague		
NOM, Prénom du tuteur EIVP	Nadège Morel		
ANALYSE			
TITRE du mémoire	L'ingénieur à la fois maillon technique et coordinateur stratégique dans le rôle de bureau d'étude aux Etats-Unis., participant à la croissance de son entreprise.		
TITLE	The dual position of a structural engineer as a technical tool as well as a coordination collaborator in the United States of America, having a role in the growth of his company.		
RÉSUMÉ (15 à 20 lignes)	La ville de San Francisco est propice à de nombreuses constructions nouvelles comme sur des bâtiments existants. Dans ce contexte économique, plusieurs types de projets sont attribués aux bureaux d'études structurels : les projets classiques les plus communs, les projets innovants et les projets de réhabilitation. Chaque projet apporte un revenu différent des autres (montant et fréquences de paiement) et l'entreprise a pour but de calibrer les proportions de projets de sorte à croître. Pour chacun de ces projets, les besoins du client sont différents (temps, coût, originalité, performance) et suivent de nombreux critères, ce qui conditionne les méthodes et procédés de l'ingénieur en bureau d'étude. Celui-ci articule son travail pour trouver un équilibre entre technique et coordination avec les autres acteurs en fonction du type de projet. L'architecte client du bureau d'étude est le métronome de ses projets, là où le bureau d'étude devient le chef d'orchestre entre les acteurs. L'objectif à long terme pour l'ingénieur est d'avoir une vision de croissance du réseau de clients et des revenus apportés à l'entreprise, par le biais de livrables de qualité et de relations au client saines.		
ABSTRACT	San Francisco is the right environment for construction (new as existing). In this market, the structural engineer works on different types of projects: classic project, original project and existing project. The company aims to balance the proportion of each type of project to remain in growth during the year. Each of these projects requires different abilities from the engineer to satisfy the different needs of the client (schedule, cost, innovation, performance) and follows official codes, which help the engineer building his strategy and approach of each project. Therefore, he manages the right balance between technical tools and coordination with other actors depending on the kind of project. The long turn goal for the engineer is to overview his project with a growth in the company's clients network as well as the company's revenues, which is the consequence of high quality plans/calculations and a healthy relationship to clients.		
Mots-clés du thésaurus Archirès	Structure, management, expertise, réhabilitation, construction, conseil		
Keyword thesaurus (anglais, 8 maxi)	Structure, management, expertise, rehabilitation, construction, consulting		
Références			
	Nb de pages du mémoire	Annexes (nombre de p.)	Bibliogr. : nb de références
	35	5	7

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier mon maître de stage Jordan HAGUE pour m'avoir offert cette opportunité et pour sa supervision tout au long du stage.

Ensuite je souhaite à remercier Steve LEPISTO, ingénieur senior qui a fait preuve d'une grande aide pendant la durée de ce stage à l'étranger.

Je me dois aussi de remercier mon manager d'équipe Michael BAUER qui m'a instruit au delà de la technique, représentant un vrai mentor au sujet des gestions de clients et de support en tant que personne de confiance interne à l'entreprise.

Enfin, je voudrais remercier Nadège Morel, tuteur EIVP durant ce stage, qui a donné un avis professionnel et expérimenté sur mon stage, me conseillant dans l'écriture de ce rapport.

SOMMAIRE

<i>I. Liste des abréviations.....</i>	<i>2</i>
<i>II. Préambule.....</i>	<i>3</i>
<i>III. Introduction.....</i>	<i>4</i>
<i>IV.1 L'entreprise.....</i>	<i>6</i>
V.1.1 Missions.....	7
IV.1.2 Contexte et méthode de travail.....	7
<i>IV.2 Le projet « classique ».....</i>	<i>13</i>
IV.2.1 Contexte.....	13
IV.2.2 Positionnement de l'ingénieur et objectifs	14
IV.2.3 Utilité et feedback	17
<i>IV.3 Le projet « innovant ».....</i>	<i>19</i>
IV.3.1 Contexte.....	19
IV.3.2 Priorité à l'adaptabilité	20
IV.3.3 Approche de l'ingénieur.....	21
IV.3.4 Stratégie face à l'imprédictibilité	23
IV.3.5 Entretenir la relation de confiance.....	25
<i>IV.4 Le projet existant</i>	<i>28</i>
IV.4.1 Contexte particulier.....	28
IV.4.2 Ingénieur leader technique	29
IV.4.3 Difficultés rencontrées	31
IV.4.4 Méthodes de résolution	32
<i>V. Conclusion.....</i>	<i>34</i>
<i>VI. Bibliographie</i>	<i>36</i>
<i>VII. Annexes et Liste des Figures.....</i>	<i>37</i>

I. Liste des abréviations

PM : « Project Manager ». Dans l'équipe, le PM est la personne en charge du projet (mais pas des ingénieurs). Le PM prend les décisions sur les directions et angles d'analyses et dirige les réunions internes/externes.

PE : « Project Engineer ». Chaque projet comporte entre 2 et 4 PE chargés principalement des calculs, des rapports et des suggestions appuyant les choix du PM.

SD : « Schematic Design ». La première étape de travail de l'ingénieur donnant une idée globale du projet et un premier prix.

DD : « Development Design ». Après validation du budget, une dimension plus concrète de l'analyse des points clefs de la géométrie : gravitaire, latéral, fondations...

CD : « Construction Design ». Étape du détail du dimensionnement de chaque élément servant à la structure et de la coordination avec chaque corps d'état avant le passage en permis de construire

CA : « Construction Administration ». Étape du projet où le chantier est lancé, les prestataires délivrent le projet.

RFI : « Request For Information ». Ce document officiel émane d'un contracteur engagé pour la construction d'un projet. Celui-ci envoie grâce au document une demande de précisions ou une question au bureau d'étude au sujet de caractéristiques de son plan. Les RFI interviennent uniquement en phase CA lorsque le permis a déjà été attribué.

GC : « General Contractor ». Le nom de l'entreprise contractée pour superviser les fournisseurs et sous-contracteurs de la construction. Le GC est présent sur site durant la construction et participe aux discussions à partir de 50% du DD.

II. Préambule

Ce document constitue un rapport de stage TFE à l'issue des trois années à l'École des Ingénieurs de la Ville de Paris en génie urbain et d'un semestre d'échange à l'université de UC Berkeley en ingénierie civile.

Chaque projet utilisé à des fins d'illustration d'une idée est un projet ou une tâche auquel le stagiaire a activement participé lors du stage.

Le corps du rapport renverra aux annexes en cas de besoin (photographies, diagrammes étendus, ...) grâce à une note en bas de page indiquant le numéro d'annexe. Les illustrations et figures auront un numéro dédié (dépendant du chapitre), avec en fin de rapport une liste des figures détaillant la nature et l'origine des figures.

III. Introduction

La ville de San Francisco a connu en 2021 un choc économique retentissant pendant le COVID-19, voyant une réduction des ventes taxables d'environ 50%. Ces dernières stagnent et empêchées d'utiliser leurs locaux ont gelé leur croissance et par conséquent le secteur de la construction. En effet, l'essor du télétravail rendit la possession de locaux obsolète.

Néanmoins, la tendance économique changeant de bord, le secteur du bâtiment et de la construction observe une croissance d'environ 5% par an, atteignant aujourd'hui d'après le comté de San Francisco 250 milliards de dollars de Gross Domestic Product (Produit intérieur brut, PIB) en 2024.

Dans ce contexte, un bureau d'étude structure a une place de choix dans cette nouvelle économie, puisque chaque projet doit nécessairement comporter une analyse structurelle (nouvelle construction comme existant). C'est pourquoi, l'entreprise DCI engineers dans le secteur de la baie de San Francisco atteint depuis 3 ans maintenant une croissance économique et organique d'environ 10% par an.

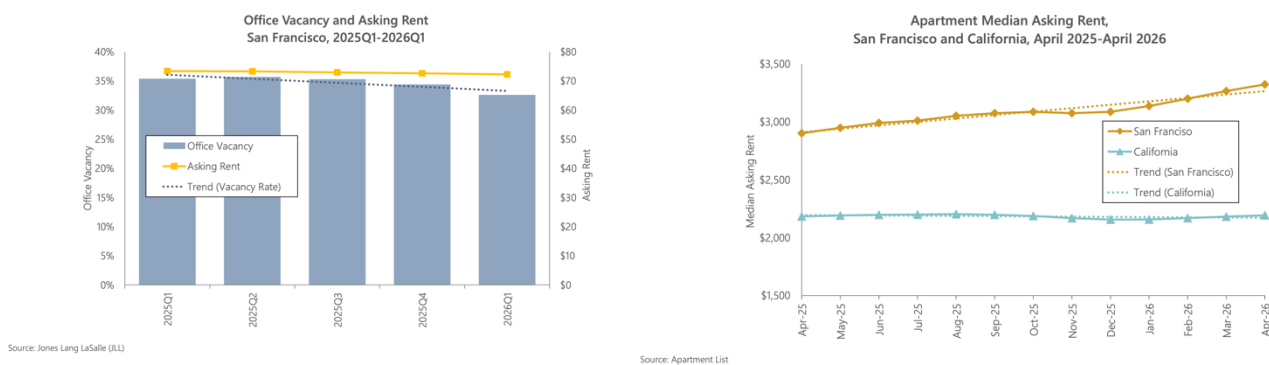


Figure III.1- De gauche à droite : courbe de proportion des logements vacants et courbe des prix du logement à San Francisco en 2025-2026

Ces deux graphiques provenant de l'administration de San Francisco (SF.gov) appuient les tendances de la ville influant le secteur de la construction. Entre 2025 et 2026 le pourcentage de bureaux vacants a baissé d'environ 3%, ce qui montre un effort de réhabilitation des bâtiments existants important. Toutefois, le prix du logement est en forte hausse depuis 2024, ce qui dénote une forte pression de la demande sur le secteur, poussant aussi à de nouvelles constructions. Les deux secteurs de la réhabilitation et du neuf sont donc en plein essor.

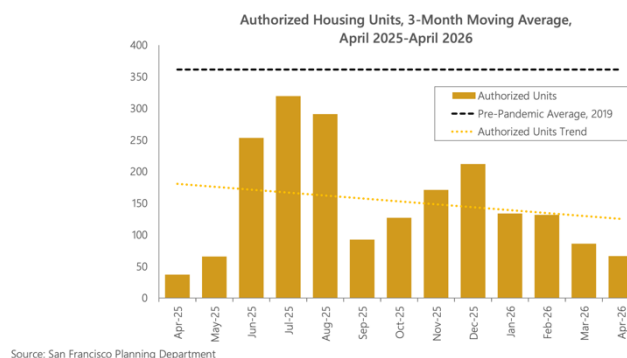


Figure III.2 - Diagramme de la quantité de permis de construire délivrés en 2025-2026 par la ville de San Francisco

Néanmoins, la ville de San Francisco - bien qu'en besoin de logements – accorde une attention particulière sur la qualité de ces premiers et leur respect des normes écologiques et énergétiques californiennes. De ce fait, les contextes juridique et politique de la ville expliquent la réduction de moitié (comme montré ci-dessus) de livraison de permis de construire pour les nouveaux bâtiments. La ville de San Francisco développe en particulier des restrictions dans sept secteurs liés à l'environnement : la production d'énergie, l'emploi de matériaux dans la construction de neuf, le transport, les logements existants, l'économie circulaire, les écosystèmes et la ressource en eau (selon le plan climat du département de l'environnement de San Francisco en vigueur). C'est donc par le plan climat que plus de restrictions sont à prendre en compte et de facto plus d'enjeux sont liés à la construction.

Enfin, dans un secteur dominé par les entreprises des nouvelles technologies (Google, Apple, Amazon, ...) et à l'essor de l'intelligence artificielle, les investisseurs souhaitent que leur immeuble soit à leur image : efficient, original et innovant.

La diversité des opportunités pour une entreprise en quête de croissance est importante dans ce secteur. Dès lors, plusieurs projets d'ampleur voient le jour chaque année. Néanmoins, seuls deux tiers des projets pour lesquels DCI Engineers envoie une proposition de design sont attribués à l'entreprise et leur calendrier de réalisation est étalé sur une large période. L'entreprise cherche de fait un moyen efficace de rentabilité tout au long de l'année avec de nombreux types de projets et des stratégies de croissance précises.

Il est à préciser que l'ingénieur en génie structurel a un double rôle aux Etats-Unis : élément technique et stratégique. D'une part, la zone d'études de l'entreprise est hautement sismique, ce qui demande une attention particulière et demande une rigueur des études importantes. D'autre part, chaque étape d'un projet comporte un ingénieur structurel, coordonnant les différents autres corps de métier, il est ainsi avec l'architecte le tronc commun du projet. Il doit donc faire preuve de stratégies de management et de communications efficaces pour mener à bien ses projets.

Cet aspect très différent du management français est souligné par le journaliste Louis Dubois dans un article en décrivant le management américain comme : « tourné vers le client » là où celui français un « à cœur la qualité du produit. ».

Problématique :

Comment l'ingénieur en bureau d'étude structure peut-il dépasser sa fonction d'outil technique pour être un atout de coordination essentiel à la réussite d'un projet et optimiser la croissance de son entreprise ?

Dans l'objectif de répondre à cette problématique, il convient de décomposer l'implication technique et stratégique de l'ingénieur en trois cas de figure : le projet « classique », le projet « innovant » et le projet existant.

IV.1 L'entreprise

L'entreprise *DCI Engineers* réunit plus de 350 ingénieurs dans l'entièreté des Etats-Unis d'Amérique. Créée il y a 30 ans dans un garage de Seattle, le chiffre d'affaires de l'entreprise atteint aujourd'hui plus de 77 Millions de dollars en 2025 (donc 18M€ à San Francisco). Les ingénieurs employés à San Francisco font partie intégrante du milieu du bâtiment et entretiennent des relations étroites avec les autres entreprises des régions alentours.

DCI Engineers insiste sur la valeur d'échange et de communication au client. La phrase clef de l'entreprise est « We sell Trust » (Nous vendons la confiance). De facto, le service que vend l'entreprise à ses clients répond à une expertise sur laquelle baser des investissements importants.



Figure IV.1.1 - Photographies des bureaux de DCI Engineers à San Francisco (CA)

L'entreprise DCI Engineers concentre ses services sur le territoire des États Unis d'Amérique avec plus de 25 bureaux couvrant la majorité des états. Commun à tous ces bureaux, le CEO Jeffrey Brink a pour bureau par défaut celui de San Francisco mais visite régulièrement les autres localisations. Ensuite, le pays est divisé en quatre grandes régions avec un directeur à sa tête. De fait, le stage s'est déroulé dans la région Sud-Ouest de l'entreprise, récemment dirigée par Jordan Hague.

Enfin chaque bureau a un directeur des opérations à la tête de chefs d'équipes, qui eux-mêmes managent les ingénieurs. En somme le stagiaire fait partie d'une équipe de sept personnes, avec un mentor à sa tête. Chaque bureau a quatre mentors, un directeur de bureau et un directeur régional.

L'objectif annuel de l'entreprise est une croissance de 10% par an, objectif atteint chaque année depuis 2022 et en bonne voie pour 2026. L'entreprise base sa formation à la fois sur la technique d'ingénieur, mais aussi sur la stratégie d'ingénieur (coordination, relation client, vision de croissance, ...).

V.1.1 Missions

En tant que stagiaire, il paraît justifiable de ne pas se voir confié dès la première semaine des tâches de coordination ou de calculs très techniques. Néanmoins, la quantité et la complexité des tâches évoluent tout au long du stage. En effet, les 5 premières semaines permettent à tous les ingénieurs « seniors » de juger par le biais de missions courtes des capacités du stagiaire (sociabilité, efficacité des tâches accomplies, temps de réaction, initiatives, etc...). Au-delà de cette période, il est à noter que le nombre de projets dans lesquels le stagiaire a une réelle implication décroît légèrement.

Au-delà de 3 mois de stage, le stagiaire est considéré comme un véritable « PE », structurant ses résultats, donnant son avis critique sur une question et conseillant le « PM » en fonction des résultats obtenus. Il est à souligner que la prise d'initiatives au sein d'un projet est grandement valorisée, montrant que le PE a envisagé plusieurs possibilités et faisant preuve d'intuition, plutôt que d'attendre l'attribution de nouvelles tâches.

IV.1.2 Contexte et méthode de travail

Le travail du stagiaire constitue une base pour le livrable remis au client, c'est-à-dire toute interaction aux autres acteurs ainsi que la production de plans et détails d'un projet. La concurrence étant très forte dans la région, la réputation de l'entreprise ainsi que la qualité et l'originalité de l'ingénierie priment dans chaque projet.

Les trois piliers du travail d'ingénieur structurel, stagiaire comme ingénieur sénior sont : l'efficacité, l'originalité et l'adaptabilité.

Les missions attribuées durant le stage sont diverses : étude technique rapide, coordination dans une réunion client, calculs lourds pour un projet. Peu importe la tâche confiée, une semaine de travail se décompose en 3 parties.

- Le lundi, les PM se répartissent les heures des PE de la semaine en fonction de leur implication dans les projets. À la suite de cette réunion une discussion est entamée entre PM et PE sur les tâches de la semaine.
- Du mardi au jeudi, des réunions internes ou de coordination avec des clients se déroulent (présentant les avancées et statuant des directions à venir), donnant par la suite lieu aux calculs techniques des PE.
- Le vendredi est appelé « No calc. Friday » de sorte à pousser les PE et PM à produire une solution *a minima* en fin de semaine. Il est à noter qu'une équipe d'ingénieurs designers basée en Inde permet de se soustraire de l'utilisation de logiciels de modélisation (Revit et Autocad principalement) et de gagner du temps en marquant sur plan les modifications à effectuer, d'envoyer ces annotations aux designers en Inde en fin de journée américaine et de recevoir les plans mis à jour le lendemain matin (grâce au décalage horaire).

Ce cycle se répète chaque semaine, bien que la communication PE-PM peut -être plus fréquente au besoin.

Il paraît donc nécessaire d'avoir un rythme de travail constant, une précision des solutions amenées au client chaque semaine et une organisation personnelle de priorisation des tâches de chaque projet. Plus exactement, l'ingénieur structure ne peut pas se permettre d'être en retard sur un calendrier qui dépend parfois de 10-20 acteurs.

Résultat des missions

Six mois de stage lorsque la plupart des projets durent 12-18 mois de design ne permettent pas de suivre chaque projet dans sa totalité et à toutes ses phases. Néanmoins, la plupart des projets peuvent être regroupés en quatre catégories de résultats suivant la phase à laquelle le stage s'est terminé :

- Les missions de CA desquelles DCI Engineers suit la phase de construction, permettant à la fin du stage d'avoir constaté les avancées des prestataires jusqu'à la livraison. Ça a été le cas du projet nommé « Aquino » pour lequel le design et choix structuraux ont été fixés. Avant le stage, mais pour lequel le CA a pu être suivi étage par étage, en répondant aux RFI et en coordonnant les imprévus. Ce projet de construction d'un podium (confer IV.2) a permis d'observer une majeure partie de la construction en 6 mois.

Le livrable pour ce genre de mission, c'est-à-dire le résultat concret de ce type de mission est simplement le bâtiment complet après construction. De plus, tout au long de la construction, la coordination aux corps de métiers prime sur la technique, ce qui permet d'approfondir les relations clients de l'entreprise, ainsi que d'envisager de nouveaux projets avec les mêmes équipes.



Figures IV.1.2, IV.1.3 et IV.1.4 - Photographies de visites de chantier durant le stage en CA.

- Les missions de **DD** et **CD** permettant une approche plus concrète du métier de bureau d'étude, où les études vont jusqu'au passage en permis de construire. L'étape de la compilation de mois de calculs en un fichier pour le permis de construire est un condensé de mois de travail et de décisions stratégiques importantes. Ce fut le cas pour le projet « 20 Franklin Street » pour lequel les 6 mois de calculs effectués durant le stage ont été compilés pour un passage en permis de construire à la fin de celui-ci. Ce dit passage sera suivi de **séries** commentaires et questions de la ville auxquelles l'ingénieur devra répondre avant commencement des travaux.

Le livrable pour le client dans ce genre de mission est principalement constitué de la construction BIM de plans complets pour le permis de construire (et pour la ville de calculs accompagnant les plans). Pour avoir un livrable de qualité et faisant écho au livrable des autres parties, la coordination des choix structurels est à la fondation de tous les plans. C'est pour cette raison que ce type de mission nécessite un contact fréquent (plusieurs fois par semaine) à l'architecte au minimum, de sorte à garantir une qualité de résultat.

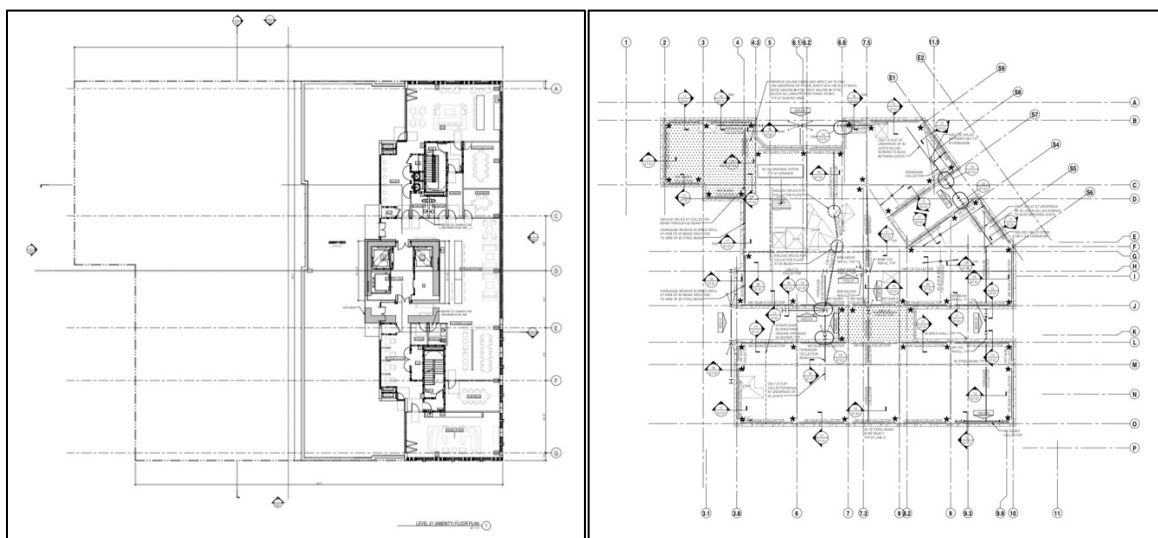


Figure IV.1.5 - Types de rendus en phase DD et CD pour le client, attestant des dimensionnements et de la structure figée¹.

- Les **missions rapides** pour lesquelles l'ingénieur est rémunéré pour sa qualité de réponse (dans un délai très court) offrent un résultat simple mais devant être clair pour le client. Ces missions nécessitent en moyenne trois jours à être remplies, entre la réunion de lancement avec le client, les tâches techniques (qui généralement nécessitent aucune coordination supplémentaire) et la compilation des calculs.

¹ Confer Annexe IV.1.1

Le livrable de ce type de projet est une compilation succincte de calculs avec en particulier des réponses précises au besoin (matériaux, tailles, géométrie). Le résultat peut être simplement constitué d'une annotation sur des plans, tant qu'ils constituent une réponse claire.

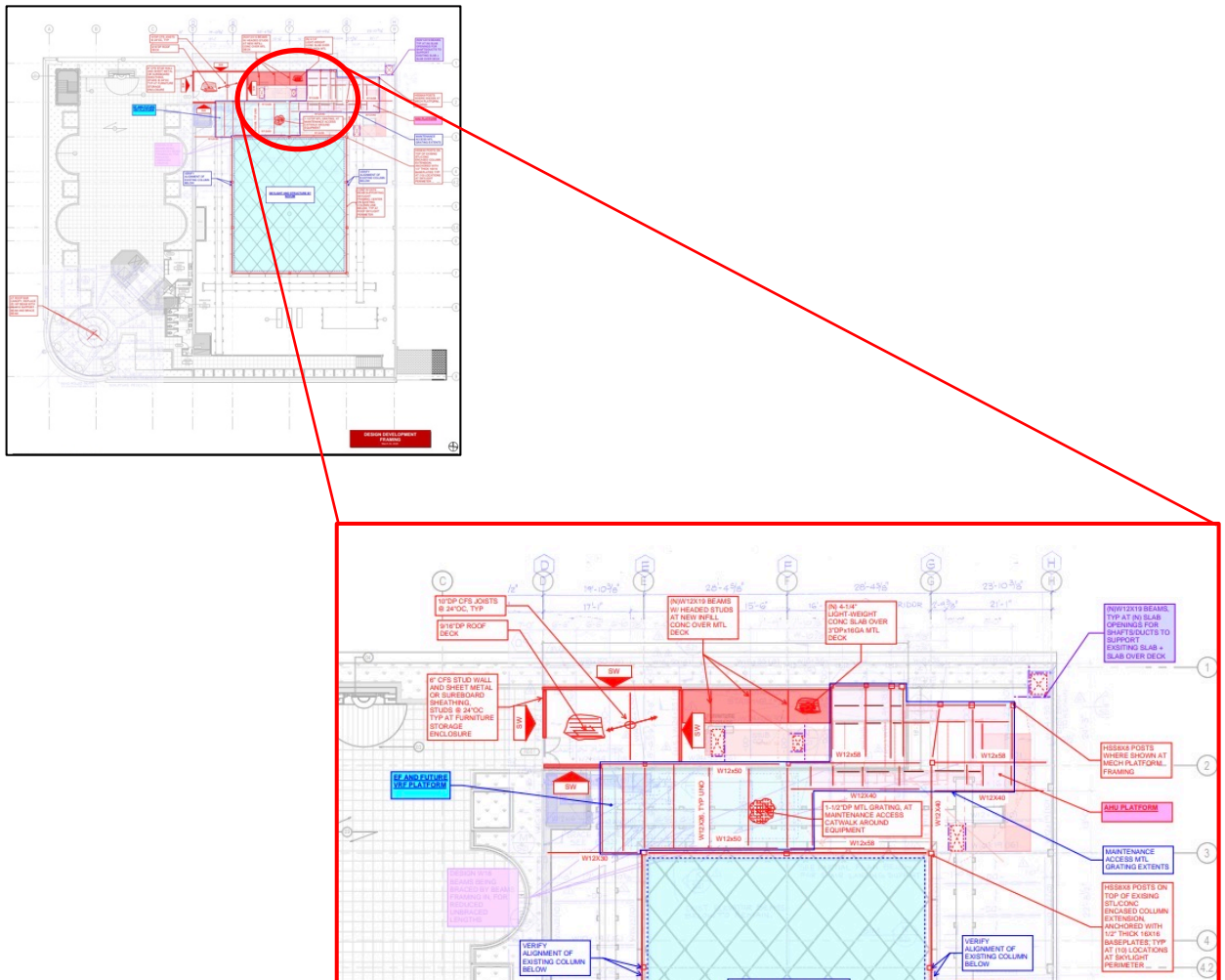


Figure IV.1.6 - Plan annoté en tant que livrable contenant le dimensionnement des poutres pour le nouveau toit d'un projet

- Les missions de **SD** en attentes sont particulières par leur nature. De fait, le résultat de l'ingénieur n'est pas détaillé, il sert uniquement de base pour estimer le coût du projet. Par conséquent, en l'attente d'investisseurs/fonds, le projet peut être suspendu puisque le bureau d'étude a rempli sa mission.

Le livrable de ce type de mission se doit être succinct en dépourvu de calculs, puisque l'entreprise est uniquement payée pour un avis qualitatif et stratégique sur le projet. C'est pourquoi le résultat peut être sous la forme de plan (mais avec moins de détails que les missions de CD).

Toutefois, bien que le travail technique ne soit pas conséquent, cette mission intervient généralement en début de projet. Il convient donc de s'assurer d'avoir connaissance de toutes les particularités de ce « nouveau » projet pour avoir une estimation de prix correcte.

Le type de résultats et l'implication de la technique ou de la stratégie de l'ingénieur dépendent de la précision de la demande du client et la difficulté de la tâche. Néanmoins, l'entreprise DCI Engineers a pour objectif d'avoir un rendu qualitativement uniforme peu importe le type de mission, de sorte à pouvoir garder un prix de prestation élevé.

Problèmes et difficultés :

La mauvaise communication au reste des membres de l'entreprise ou aux clients était une difficulté appréhendée en amont du stage. L'implication dans les projets a néanmoins permis d'accumuler du vocabulaire et de l'expérience, ce qui a réduit la difficulté tout au long du stage. En conséquence les difficultés rencontrées lors du stage sont plutôt de l'ordre technique :

- Les États Unis d'Amérique et la Californie utilisent des codes techniques et juridiques spécifiques à leur région (ASCE, IBC, ACI, AISC, ...) qui diffèrent généralement des Eurocodes et lois européennes, sur lesquels l'EIVP base son cursus d'apprentissage. Il a donc fallu se réapproprier les différents manuels et chapitres, les équations utilisées et les approches méthodologiques de résolution lors de ce stage. Pour ce faire, j'ai par exemple construit des diagrammes de choix aidant à naviguer dans les codes².

Ensuite, le procédé de création des rendus technique est sous forme de plan et de maquette BIM. De sorte à garantir un rendu de qualité dans les temps impartis, l'entreprise utilise des méthodes de marquage de plan incluant des codes couleurs et abréviations pour les « designers ». La quantité de codes internes (à la fois pour analyser les plans mais aussi pour annoter soi-même) demande une assimilation durant plusieurs semaines d'entraînement.

- Enfin, l'entreprise utilise de nombreux logiciels de calculs facilitant les analyses et diminuant les erreurs de calcul des ingénieurs. L'apprentissage du fonctionnement s'est fait graduellement en fonction des besoins des projets tout au long du stage. Une ressource méthodologique interne à l'entreprise était toutefois à disposition de tous les collaborateurs pour faciliter l'usage de chaque logiciel. Par exemple, les logiciels de calculs sur dalles et murs de cisaillement « RAM Concept » et « ETABS » sont suffisamment riches en paramètres pour chacun demander des semaines de travail avant de totalement les maîtriser.

Il est par ailleurs à noter qu'outre l'aspect technique et juridique du rôle d'ingénieur en bureau d'étude, l'aspect financier est un prisme supplémentaire du métier. L'étude des coûts et bénéfices de chaque action ainsi que la valeur marchande du service d'ingénieur dans le milieu sont deux points qui durant les premiers mois d'un PE sont des difficultés. Ils nécessitent donc un apprentissage et une capacité de communication au client.

² Confer Annexe IV.1.2

Apports personnels et professionnels :

Les apports professionnels de ce stage sont multiples et variés. D'une part d'un point de vue managérial, le système américain est plus « agressif » que celui qui est français dans son rapport aux individus. En effet, l'objectif principal des managers est le bien-être physique et psychologique de chaque collaborateur. Plus précisément il s'agit de garantir un bien être pour chaque personne afin qu'ils délivrent leur meilleur travail. Cet aspect du management est différent de celui enseigné à l'EIVP et constitue un bon complément des connaissances en sortie d'école. D'autre part, l'entreprise cherche à faire partie des innovations et de la modernité. En particulier, l'utilisation de l'intelligence artificielle générative pour simplifier le travail de designer ou pour les ingénieurs est développée en interne à l'entreprise. La rapidité d'action est synonyme de rapidité de livraison du service et donc de multiplication des revenus, ce sur quoi l'entreprise porte une attention particulière.

Enfin, l'équilibre entre vie professionnelle et vie personnelle est bien différent de celui en école d'ingénieur. Les limites entre vie professionnelle et vie personnelles dépendent des individus côtoyés mais la plupart incitent à passer du temps extra-professionnel ensemble.

D'un point de vue plus personnel, ce stage a permis la découverte plus en profondeur de la Californie, mais aussi la rencontre de nouvelles personnes, en particulier de la même tranche d'âge. Les jeunes diplômés sont notamment très présents à San Francisco et c'est par le biais de rencontres sportives (football et basketball) organisées par des associations caritatives que beaucoup de liens se sont créés. De plus, le stage représente non seulement un approfondissement concret et une extension de connaissances particulières apprises pendant le cursus à l'EIVP, mais aussi la découverte d'une passion motivant chaque jour à aller travailler sur plus de projets.

Perspectives de travail :

Les méthodes de travail employés prônent la responsabilisation dès les premiers projets pour un ingénieur. En effet, une étude est divisée en section par corps d'ingénierie (fondations, structure, superstructure) et par type de matériaux employés (béton, métal, bois). C'est pourquoi lorsqu'une partie du projet est attribuée à un collaborateur, celui-ci a la responsabilité de la bonne tenue du projet relatif à cette question, incluant toute coordination qui impactera celui-ci.

Dans cette optique, la formation de premières années d'ingénieur chez DCI Engineers vise à dimensionner toutes les parties d'un projet, avec tous les matériaux possibles et avec la coordination nécessaire à chaque phase (au travers des dizaines de projets étudiés par an). Le bagage technique assimilé lors du stage fut très varié, ayant personnellement participé au design de 33 projets en 6 mois. En revanche, avec les années d'expérience, la difficulté des tâches vise aussi à augmenter, ce qui ferait baisser le nombre de projets auxquels l'ingénieur participe par an. Cette diminution est équilibrée par l'implication plus large et systémique.

Enfin, les perspectives professionnelles chez DCI Engineers sont très motivantes. En effet, en fonction des résultats d'un ingénieur, de son expérience, des relations aux clients qu'il entretient et de ses compétences (sociales et techniques), celui-ci peut élargir son champ de compétence en évoluant et acquérant des responsabilités managériales locales, régionales, à l'échelle d'un état.

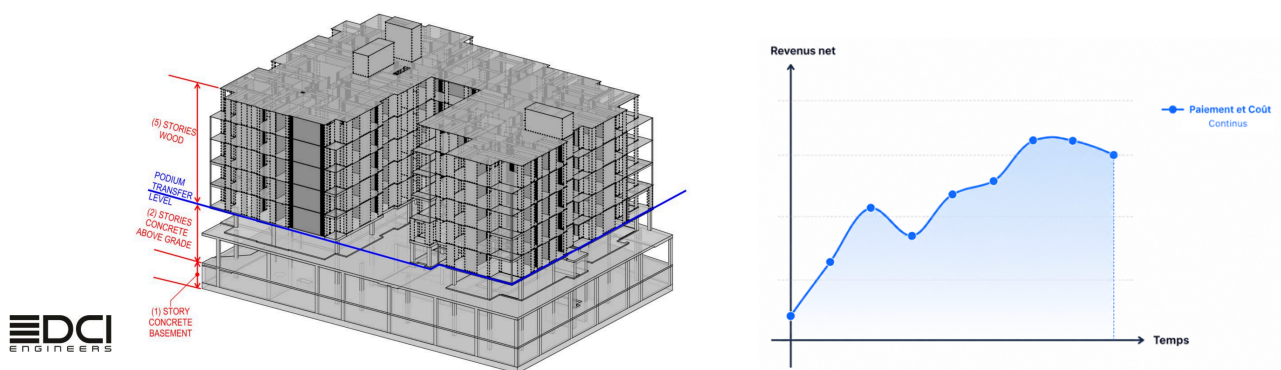
En somme, l'entreprise cherche des profils motivés et compétents techniquement et socialement. Ce stage de 6 mois a permis de convaincre l'entreprise DCI Engineers de mes compétences professionnelles accumulées en France à l'École des Ingénieurs de la Ville de Paris, à UC Berkeley et lors du stage, et a donné suite à une proposition d'emploi. À chaque stade d'une carrière professionnelle en bureau d'étude aux Etats-Unis, les missions de l'ingénieur se concentrent sur trois principaux types de projets : les projets « classiques », les projets « innovants » et les projets existant. Chaque type de projet a des caractéristiques propres.

IV.2 Le projet « classique »

IV.2.1 Contexte

Tout d'abord, ce type de projet commun dans la région a pour but d'augmenter rapidement le nombre de logements dans une zone sans construction existante. Pour se faire, le bâtiment a entre deux et quatre étages en béton et le reste des étages supérieurs en bois, de sorte à augmenter sa flexibilité en cas de secousse sismique sans avoir un coût en matériau trop élevé. Ce type de projet est ainsi appelé « podium » et comporte habituellement entre 4 et 9 étages en construisant depuis un terrain nu.

La complétion d'un tel projet de la phase de conception « SD » à la fin de la construction « CA » dure généralement deux ans et regroupe entre vingt et trente collaborateurs dans son design. D'un point de vue personnel, ce stage a permis de travailler sur un total de six projets de ce type en six mois de stage, représentant environ cent heures de travail sur ce type de projet.



Figures IV.2.1 et IV.2.2 - De gauche à droite la forme d'un projet podium et la courbe des revenus nets des projets de podium classiques au cours du temps.

Note : Les données précises des revenus net de l'entreprise sont confidentiels et n'ont pas été autorisés à la diffusion sur ce graphique.

Cette courbe représente les revenus nets accumulés des projets de podium montre un bénéfice important. Sur cette première le ratio de paiement/temps de travail est très haut. De plus, la quantité importante de projets de ce type permet d'avoir des revenus constants tout au long de l'année, ce qui justifie le caractère lisse de cette courbe.

Le besoin :

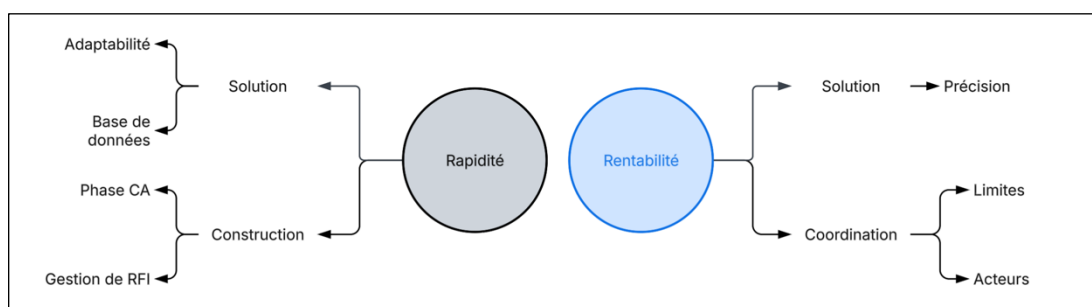


Figure IV.2.3 - Carte mentale des implications des besoins du client pour un projet « classique » de podium

Le besoin d'un client commandant ce type de projet est centré autour de la rapidité d'exécution du procédé (design et construction), mais aussi du nombre de logements sur le terrain. En effet, la demande en logement est suffisamment importante pour garantir un bénéfice financier à court et long termes sans avoir besoin de faire des économies sur la construction.

Les tâches de l'ingénieur vont donc être concentrées vers l'apport de solutions techniques répondant à ces deux critères majeurs.

IV.2.2 Positionnement de l'ingénieur et objectifs

Dans ce type de projet dit « classique », l'expérience de l'ingénieur permet de connaître les différents points clefs et leviers du projet : c'est-à-dire ceux sur lesquels la structure peut s'adapter à l'architecture, mais aussi les points indispensables à la bonne tenue du projet. Donc même avec quelques mois d'expérience, un ingénieur junior est capable d'avoir des réflexes de conception.

Le travail de coordinateur de l'ingénieur débute donc à la phase SD (Schematic design), c'est à dire dès les premières discussions avec l'architecte. Cette première phase ne doit pas servir de temps de calculs lourds, mais plutôt de la construction d'une base de travail pour l'architecte et les autres corps de métiers. Cette première n'est *de facto* pas technique et sert de base de discussion aidant à la traduction des besoins en designs faisables. L'explication des idées se déroule naturellement sous forme de schémas à la main et d'annotations de plans.

L'exemple le plus courant pour le podium est celui du calcul de la longueur de murs structurels nécessaires au bâtiment. Ce calcul simple donne une première indication importante des endroits où les pénétrations (à travers murs et planchers) ne sont pas possibles et donne un critère minimum à respecter pour l'architecte. Il est de la responsabilité de l'ingénieur structure de donner au plus tôt le maximum de limites, dans l'objectif de réduire la quantité de calculs lourds à effectuer ultérieurement, ce qui réduit *in fine* le temps de la construction. En particulier pour le projet « Tamien », la première phase de SD nous a permis de choisir les murs de cisaillement du bâtiment. Après calculs, il s'est simplement agit de marquer sur plan les murs concernés³ et de faire parvenir à l'architecte (et aux autres ingénieurs) ces plans avec des directives sur les pénétrations possibles dans ces murs.

Par ailleurs, il est intéressant de compléter les réunions de groupes par des rendez-vous individuels avec l'architecte ou l'ingénieur en géotechnique en phase SD, de sorte à garantir une bonne compréhension des besoins du bureau d'étude.

Par exemple, ce type de réunions avec l'ingénieur en géotechnique a personnellement permis d'avoir des informations cruciales au dimensionnement de fondations profondes lors d'un projet, ainsi que de profiter des recommandations de l'ingénieur en géotechnique. Cette coordination supplémentaire avec celui-ci dès les premières semaines a permis d'éviter de dépenser du temps de travail dans de mauvaises directions.

³ Confer Annexe IV.2.1

Objectifs

L'objectif de rapidité de conception et de réalisation est ici majeur, ce qui pousse la coordination à la phase SD à être optimisée en temps tout en restant efficace. Pour se faire, l'ingénieur prend part au plus tôt aux discussions. De surcroît, il reste pro-actif des directions que prend le projet durant la phase. Par exemple, lorsqu'un changement de matériau est envisagé, l'ingénieur conseille sur les avantages et inconvénients structurels de chaque option. Ensuite, passé le moment des recommandations, certains points sont toujours questionnés et demandent une adaptabilité de l'ingénieur ou une validation des estimations (géométrie et prix) en SD par le propriétaire. Ces points dits de « flou » peuvent simplement demander de la communication de la part de l'ingénieur pour relancer un acteur sur une action qui a des conséquences sur le design du projet. Ce stage a en réalité donné lieu à de nombreux cas comme celui-ci où des relances des mails/appels aux architectes ont permis de débloquer l'étude structurelle.

Il est aussi à noter que cette première phase SD joue un double rôle pour l'ingénieur. D'une part ce dernier doit en peu de temps convaincre un public non technique de ses compétences. D'autre part, l'ingénieur doit pouvoir vendre des idées et intuitions qui poussent l'architecte à vouloir approfondir dans cette direction. Il est donc question de priorisation d'éléments clefs, ainsi que de choix des bons mots, des bonnes tournures de phrases et de la bonne stratégie.

C'est dans cet objectif que les contrats pour l'ingénieur structure sont divisés par phase et par lot, de sorte à ne pas « trop » donner d'informations sans en tirer bénéfice. D'un autre point de vue pour l'architecte, engager les acteurs sur des phases limitées du projet permet si besoin de changer de prestataire. Avoir connaissance de ce point pousse donc aussi à la satisfaction du client et à la construction d'un livrable de qualité à toutes les phases du projet.

Déroulement du projet en interne :

Dès la validation des grandes lignes du projet, l'équipe travaillant sur le projet sort de la phase SD et entre dans une phase DD (Development Design) en donnant des particularités et des détails au projet, ainsi que fournissant des calculs pour le dépôt d'un permis de construire. Cette étape est précisément la plus importante puisque l'avis de la ville fait foi sur la construction ou non du projet. Le dépôt de la demande de permis de construire est donc sujet à des séries de « commentaires » demandant de justifier des choix de design pour tous les corps de métiers (ingénieurs, architectes, électriciens, etc...). Plus les calculs sont flous et peu clairs, plus le temps de validation sera long et donc plus le retard sur la construction sera important. En outre pour les podiums, les séries de commentaires sont souvent longues.

À titre d'exemple, dans de nombreux cas, mettre en page des mois de calculs dans un livrable peut représenter une charge de travail importante (6-8 heures de travail). Le rendu n'est pas montré au client mais c'est grâce à lui que le projet peut passer le permis de construire dans les temps.

Toutefois, grâce aux 30 ans d'expérience dans le milieu, la base de données de ce type de projets est suffisamment importante pour limiter au maximum les demandes de modifications du projet. Cette expérience permet ainsi de capter au mieux les enjeux et besoin d'un projet et d'une ville, de sorte à en ressortir dès la première phase un plan (presque) finalisé de ce à quoi le bâtiment devrait ressembler. Au sein de l'entreprise, la sollicitation des PE et PM pour un projet est valorisée. Des projets de référence sont fournis au PE pour servir de base de travail au besoin. Cette méthode m'a permis d'économiser beaucoup de temps lors du stage en discutant avec des collaborateurs expérimentés sur un projet similaire, principalement de mise en page et de stratégie de design.

Déroulement des relations externes :

Dans ce genre de projet classique, aucune « surprise » technique ne devrait survenir et retarder les échéances pour le client. L'ingénieur doit néanmoins garder tout au long du processus (SD jusqu'au début de CA) une transparence sur ses actions et prochaines tâches avec l'architecte, le propriétaire et chaque acteur impliqué. Il est implicitement suggéré que l'architecte garde le rôle de métronome étant le client, là où l'ingénieur joue un rôle de chef d'orchestre. Il a donc été question durant ce stage de vérifier la bonne tenue des contraintes imposées en phase SD par les autres acteurs (ingénieurs mécaniques, GC, etc) en vérifiant les plans d'action (« shop drawings ») avant construction. Si les actions ne sont pas conformes aux restrictions imposées, des annotations sur plans mentionnent une demande de révision du plan d'action.

Avec la même stratégie, bien qu'une solution à lourds coûts (temps, main d'œuvre, matériaux) soit possible sans limiter les autres corps d'états, l'ingénieur priorise une solution légère en coût, qui implique une coordination et de la flexibilité. En résumé, il est à prioriser la discussion et la coordination au calcul de structure pour ce type de projet. Précisément, un acteur peut être flexible sur un point impactant l'étude de la structure/superstructure et faire économiser des dizaines de milliers de dollars ainsi que plusieurs mois de travail (conception et construction cumulés) mais ne pas en avoir la connaissance sans un ingénieur structure.

Par exemple, lors d'un projet de podium en phase SD, le bureau d'étude a pour procédure typique de faire parvenir aux autres acteurs une liste de contraintes sur les objets structurels⁴ (pénétrations, tailles, etc), ce qui a été le cas lors de projets lors du stage.

Enfin, bien que les équipes d'ingénieurs structure et d'architectes soient indépendantes, ils font communément leur demande de permis de construire. Dans cette optique, chaque partie doit s'adapter et adapter son design aux demandes de la ville sans que les modifications apportées ne lèsent l'autre partie. En d'autres termes, les deux corps d'états se soutiennent pour avoir le permis de construire, ainsi que tout au long de la construction.

Exemple particulier du projet « 557 Bayshore Street » :

Le projet nommé « Bayshore » comporte plusieurs podiums construits en canon sur un terrain. Après la validation du premier permis de construire pour le premier bâtiment (réalisé avant le stage par d'autres ingénieurs de l'entreprise), deux avantages conséquents se sont présentés pour le projet du deuxième bâtiment :

- La coordination des restrictions et limites données aux acteurs par le bureau d'études avaient déjà eu lieu pour le bâtiment précédent, c'est pourquoi la révision des plans d'actions a pris moins de temps (les entreprises étant déjà au clair avec les points de DCI).
- La plupart des calculs de structure effectués et validés pour le permis du premier bâtiment peuvent être repris et servir de base pour le dimensionnement du deuxième bâtiment puisque les caractéristiques de sol, sismique et de vent sont identiques, ce qui consiste une très bonne base de travail pour un ingénieur junior en sa formation.

⁴ Confer Annexe IV.2.2

IV.2.3 Utilité et feedback

Outre l'apport financier constant pour l'entreprise, plusieurs autres types d'utilité de ce type de projet sont notables.

L'amélioration de la réputation :

Premièrement, ce type de projet ne constitue pas de prise de risques techniques majeurs. La confiance des ingénieurs permet une bonne introduction à un nouveau client. En effet, ces projets montrent dans quelle mesure DCI Engineers a une approche techniquement complète. A titre d'exemple l'entreprise d'architecture « BDE architects » qui a débuté ses projets avec DCI Engineers en 2015 et qui à mesure des projets « classiques », a attribué de plus en plus de projets plus innovants, originaux et coûteux à l'entreprise. Le podium est donc non seulement un type de projet constamment demandé, mais aussi un passage, un pont que l'ingénieur construit vers d'autres projets par le biais de celui-ci. En outre, la réputation personnelle de l'ingénieur est aussi importante dans ce milieu très local. Ce type de projet a permis à titre personnel une entrée confortable dans le milieu du génie civil auprès de nombreux clients.

Le rendement de travail :

Deuxièmement, il convient que plus l'entreprise a d'expérience sur ce type de projets, plus elle sera efficace dans leur gestion et plus elle pourra optimiser la quantité de travail en simultané des ingénieurs sur ces projets. C'est donc une question de ratio de bénéfices perçus par le rendement de travail effectué qui est amélioré par la prise de projets classiques. Une tâche qui en début de stage prenait 2 heures de temps peut être réduite à quelques minutes après 6 mois.

La formation :

Troisièmement, le podium est un type de projet impliquant de nombreux matériaux, une approche pratiquement holistique et classique de la technique de l'ingénieur et demandant une coordination importante. Ce type de projet est donc fréquemment utilisé pour former les jeunes PE lors de leur arrivée en entreprise.

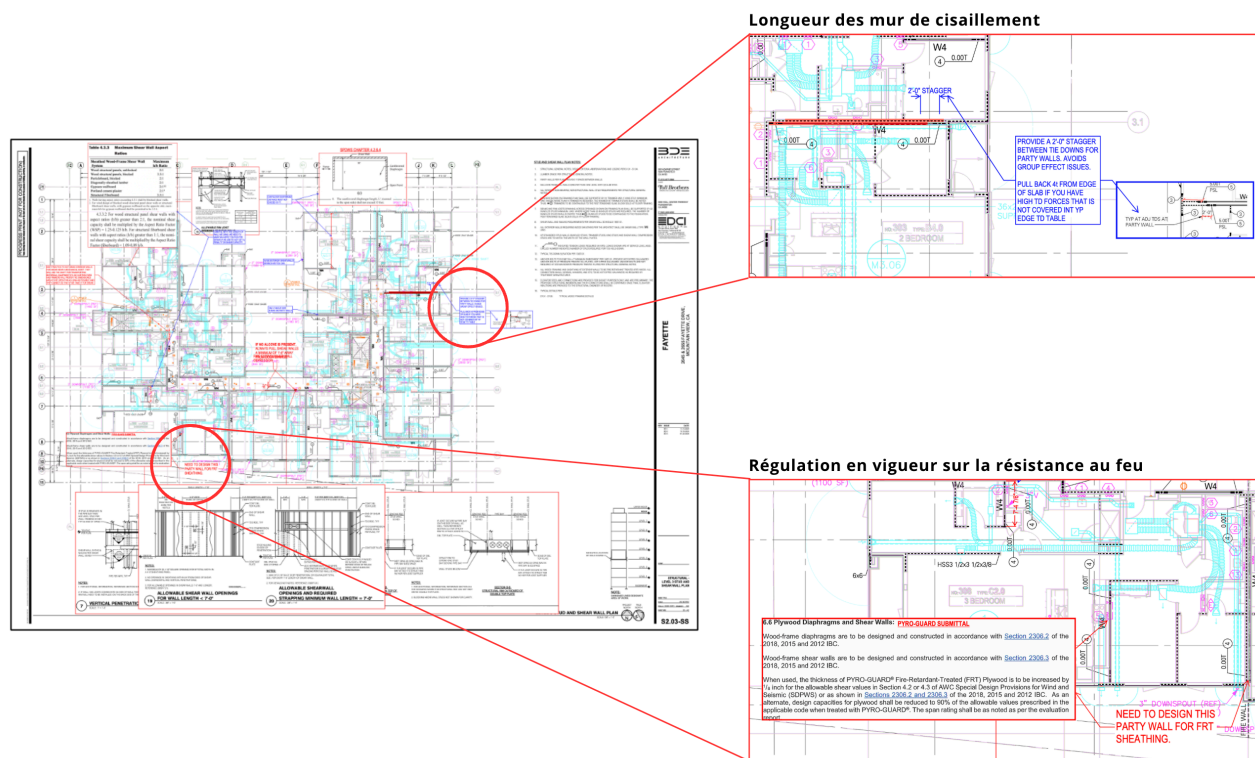


Figure IV.2.4 - Plan diffusé en interne contenant les points « à risque » dans le design du bois pour un projet de podium⁵.

Lors du premier projet de dimensionnement d'un podium, le PM partage au PE ce plan « type » annoté en interne. Ce dernier fait état de tous les potentiels écueils de ce type de projet, met en garde des particularités à coordonner avec les autres corps de métier et conseille le dimensionnement. De fait, des couches de plans supplémentaires (bleu et magenta) sont superposées pour montrer les plans électrique et mécanique, de sorte à analyser leurs impacts sur la structure. Ce plan a été utile lors du stage, garantissant une approche complète du projet. En outre, ce premier renvoie aux chapitres des codes de construction et d'urbanisme imposant des contraintes, ce qui permet d'aller vérifier et mettre à jour régulièrement les informations.

Les deux exemples mis en exergue sont ici :

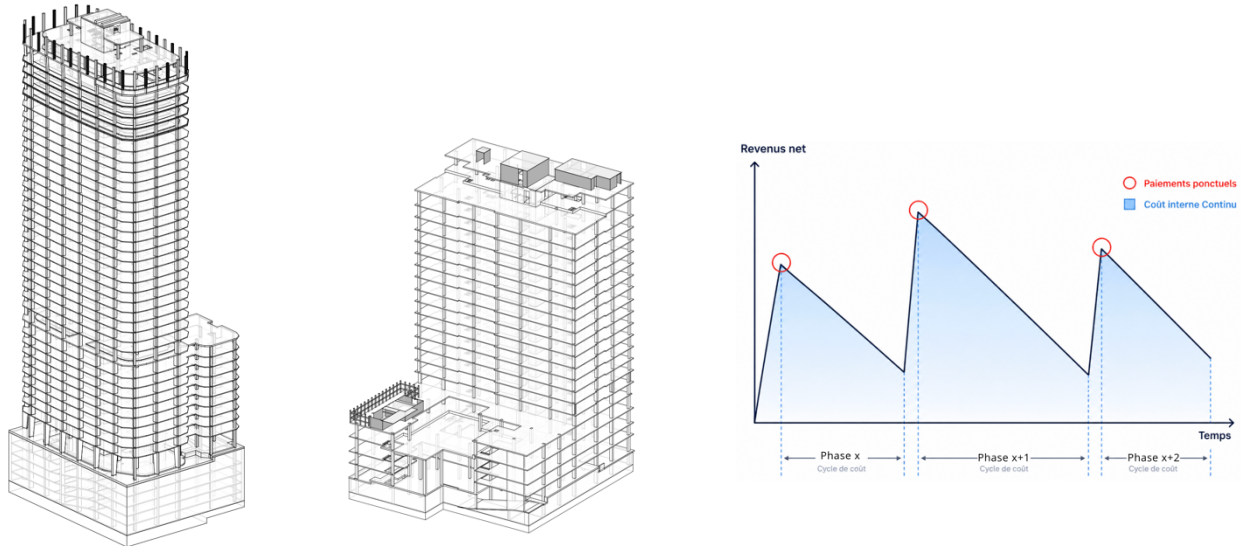
- La longueur des murs de cisaillement doit laisser 1,5 pieds de long « libre » pour éviter l'effet de groupe de ce type de murs. Toutefois, cette restriction peut d'avantage servir à la coordination avec l'ingénieur électrique sur sa pose de prises.
- Les murs extérieurs ont une contrainte de résistance au feu de deux heures, ce qui impose soit un traitement du bois, soit un dimensionnement avec 50% de la capacité des éléments.

⁵ Confer Annexe IV.2.4

IV.3 Le projet « innovant »

IV.3.1 Contexte

Les projets innovants actifs sont au nombre d'en moyenne trois par an pour le bureau de San Francisco, ce qui correspond à 2,3% des projets de l'année 2025 par exemple. Néanmoins, les revenus de ces projets représentent en moyenne 30-40% du chiffre d'affaires annuel de l'entreprise.



Figures IV.3.1, IV.3.2 et IV.3.3 - De gauche à droite : La géométrie de deux projets innovant (395 et 360 5th Street) et la courbe des revenus nets des projets innovants au cours du temps.

Note : Les données précises des revenus net de l'entreprise sont confidentiels et n'ont pas été autorisés à la diffusion sur ce graphique.

Cette courbe représentant les revenus nets accumulés des projets « innovants » montre un bénéfice important mais ponctuel. En comparaison aux revenus des projets de podium, ces premiers demandent beaucoup plus de temps de travail entre deux paiements du client, ce qui a un coût élevé pour l'entreprise. Les revenus sont en somme plus élevés individuellement mais aussi bien moins fréquents.

Le besoin :

Ce type de projet répond au besoin spécifique d'entreprises désirant un bâtiment avec une grande empreinte : locaux de bureaux, immeuble résidentiel à grande échelle ou encore ferme à serveurs pour l'intelligence artificielle. À ce titre, l'objectif du client pour ce genre de projet est majoritairement orienté vers la performance (esthétique, structurelle et énergétique) et sur le design épuré permettant le plus d'espace intérieur possible. Pour ce faire, l'ingénieur en bureau d'étude cherche à développer un design efficace et original en se basant principalement sur des compétences techniques poussées, tout en adaptant le modèle à des cas architecturaux particuliers et originaux.

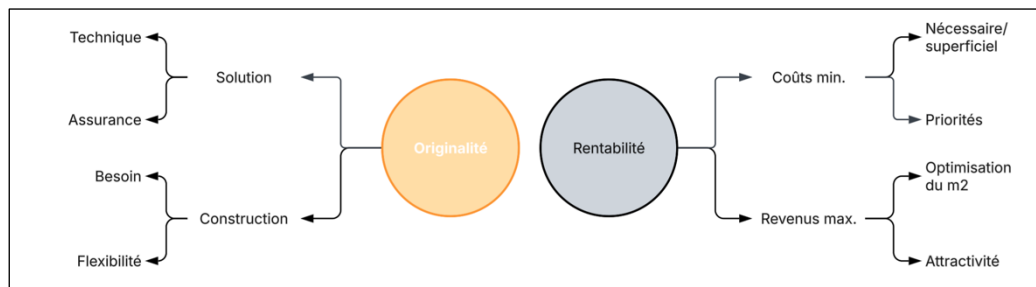


Figure IV.3.4 - Carte mentale des implications des besoins du client pour un projet « innovant ».

IV.3.2 Priorité à l'adaptabilité

Ce type de projet n'a pas pour but de fabriquer des logements à moindre coût, mais plutôt de délivrer une prestation de grande qualité. C'est pourquoi pour ce genre de projet, l'ingénieur en bureau d'étude structure n'impose pas autant de limites qu'il le fait pour un projet « classique » (confer IV.2.2). L'objectif est plutôt de trouver un design épousant au mieux les besoins des architectes. Pour un ingénieur junior, ce type de projet est ambivalent : d'une part il permet de pousser les capacités techniques et d'apprendre une quantité d'information conséquente en peu de temps (donc beaucoup d'expérience), mais d'autre part ce type de projet est éprouvant en termes de rythme de travail et de pression du client.

Dans cet objectif la phase SD d'un projet est beaucoup plus succincte que pour les autres types de projets, elle consiste principalement en la détermination des matériaux, d'une quantité approximative de colonne nécessaires et des zones à risques. Pour ce faire, l'ingénieur use de son expérience pour donner des ordres de grandeur. Par exemple dans le cas du projet « 360 5th Street », les dimensions d'une colonne carrée de plusieurs étages de haut suit en phase SD la règle : 1in de large pour 1 pied de haut. Une colonne de 20 pieds de haut doit donc *a minima* être de dimensions 20in x 20in.

Pour autant, bien que la phase soit anecdotique dans la temporalité du projet, le bureau d'étude structure se doit de proposer dès celle-ci une grande variété de solutions potentielles, de sorte à orienter le client. Par exemple pour un projet de construction en béton, plus de 35 modèles d'études ont été modélisés et analysés de sorte à avoir un champ de possibilité étendu à proposer au client.

De plus, puisque ce type de projet requiert un travail technique lourd, l'ingénieur fixe le plus tôt possible les caractéristiques principales du bâtiment (murs de cisaillement ou cœur, géométrie, poutres principales, ...). Il est commun d'évoquer par le biais d'études sommaires entre deux et trois possibilités de design au client dès les premières semaines de la phase SD.

IV.3.3 Approche de l'ingénieur

Dans ce contexte, l'approche de l'ingénieur est proactive dans les discussions. Celui-ci doit être capable de construire un avis technique sur des besoins de client en quelques secondes, et même si l'ingénieur réfute une idée, il doit toujours tendre vers une alternative.

Il est donc à noter que l'objectif n'est pas de vendre ses services comme résolvant toute problématique. Il faut uniquement pouvoir construire une justification/réfutation technique à des idées. L'avis (même négatif) de l'ingénieur est apprécié puisqu'il dénote une qualité technique importante dans ce genre de projets.

A titre d'exemple personnel, le projet « 360 5th » a représenté une grande partie du stage. Ce projet dans San Francisco est une tour de 23 étages en béton. Lors de la réunion de lancement le propriétaire voulait réduire les coûts de la construction en utilisant une fondation commune à tout le bâtiment sous forme de radier. C'est lorsqu'il souhaite un avis du bureau d'étude qu'il a fallu justifier le besoin d'utilisation de fondations profondes dans ce type de sol peu porteur, de sorte à atteindre la roche en profondeur. L'ingénieur en géotechnique a finalement donné raison au bureau d'étude dans son rapport et ce projet compte aujourd'hui plus de 500 fondations dimensionnées profondes dans la zone du bâtiment.

Le client reste cependant seul décideur des directions du projet, ce qui implique que le refus d'une idée (ici le radier) mène à des compromis. Pour illustration, ci-dessous le plan des fondations nouvelles dimensionnées pour supporter le poids G du bâtiment uniquement (pas de considération sismique à ce stade). L'ingénieur géotechnique contraint ce dimensionnement en : d'une part limitant la capacité porteuse des fondations existante, et d'autre part en ajoutant une. Distance minimale à respecter entre les fondations (pour éviter les effets de groupe réduisant la capacité).

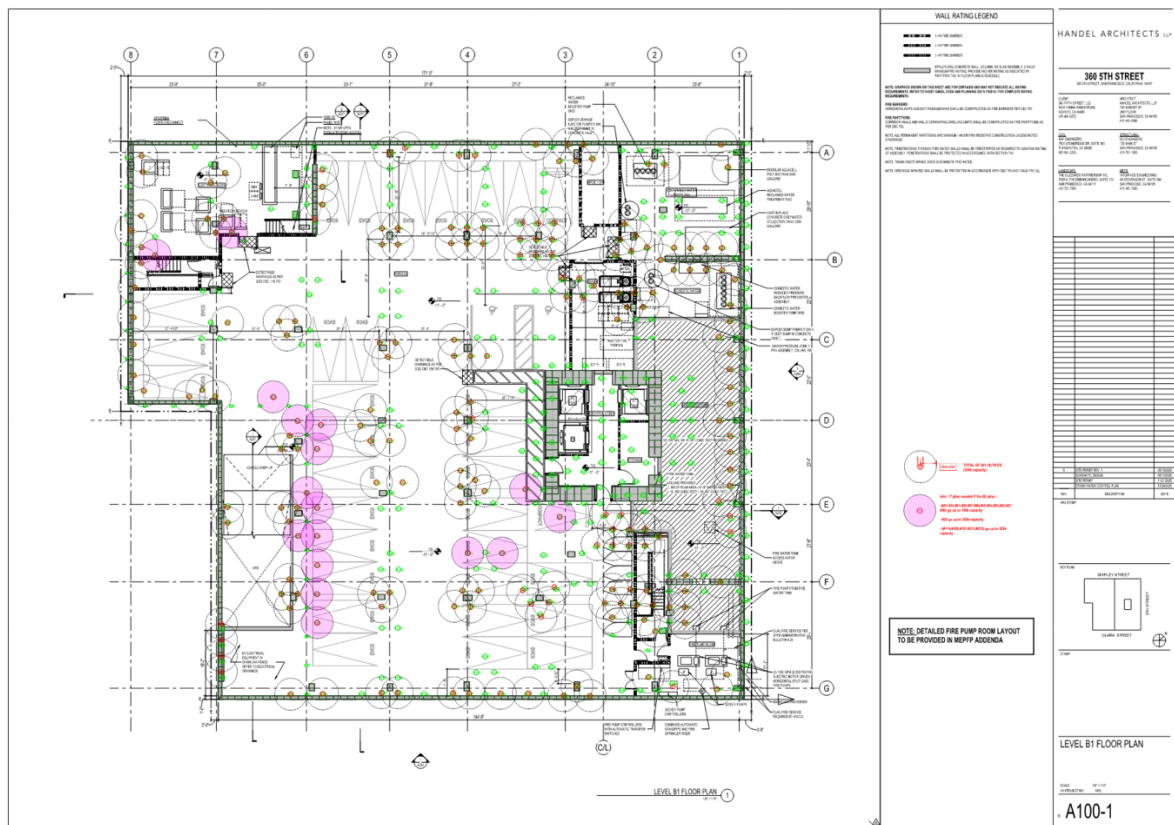


Figure IV.3.5 - Plan du sous-sol et des fondations à la base de la tour au sein du projet « 360 5th Street », en magenta de potentielles nouvelles fondations.

En conséquence, de sorte à justifier le coût de tests supplémentaires sur la capacité porteuse de ces fondations, une rapide étude montre la comparaison entre :

- Compenser des fondations existantes surchargées avec 17 nouvelles fondations (en magenta)
- Tester les fondations et avoir une capacité générale plus importante.

En somme, cette étude fut appréciée par le client puisqu'elle montre la considération économique du bureau d'étude en comparant les coûts à long terme. Il convient dans ce cas précis que le test s'avérait bien moins coûteux que de construire 17 fondations profondes de 25 mètres de long chacune.

Rôle interne de coordination :

Ensuite, les phases de DD et CD permettent principalement d'affiner la technique du projet, mais aussi de coordonner avec les autres corps de métier les avancées et de définitivement « arrêter » certains points annexes influant sur les calculs. Par exemple la dimension des colonnes d'une tour n'est pas un point majeur dans les discussions jusqu'à 50% DD, puisqu'une forme estimée avait été décidée en SD. Néanmoins les calculs vérifiant ce design doivent être effectués en DD et demandent au besoin à l'architecte une adaptation.

Par conséquent dans ce contexte l'ingénieur structure devient le garde-fou du squelette du bâtiment devant d'autres corps d'état impactant celui-ci (électricité, façades, ...). L'augmentation du nombre d'acteurs en 50% DD augmente les potentiels retards et délais. Il est donc nécessaire d'avoir une notion aiguisée des délais et de statuer clairement les tâches de chacun et les implications entre les acteurs. Le bureau d'étude a pour tâche supplémentaire de s'assurer de la complétion des besoins de chaque acteur du projet. En outre, l'ingénieur anticipe les potentiels points bloquants dans le calendrier. Toutefois, les conversations engagées se font à toutes les échelles de hiérarchie entre les acteurs. Par exemple, cette approche de PE à PE entre deux entreprises s'est avérée très efficace dans ce type de projet où le PM a une vision systémique du projet, pas aussi granulaire qu'un PE.

Plus précisément, l'approche dite « systémique » du projet sert à rendre compte de chaque question au client dans les temps, de sorte à ne pas causer de retard sur les délais. Par ailleurs, dans un milieu où les retards de livraisons de bâtiments sont communs, respecter les délais place l'entreprise dans une bonne position pour se voir confier d'autres projets.

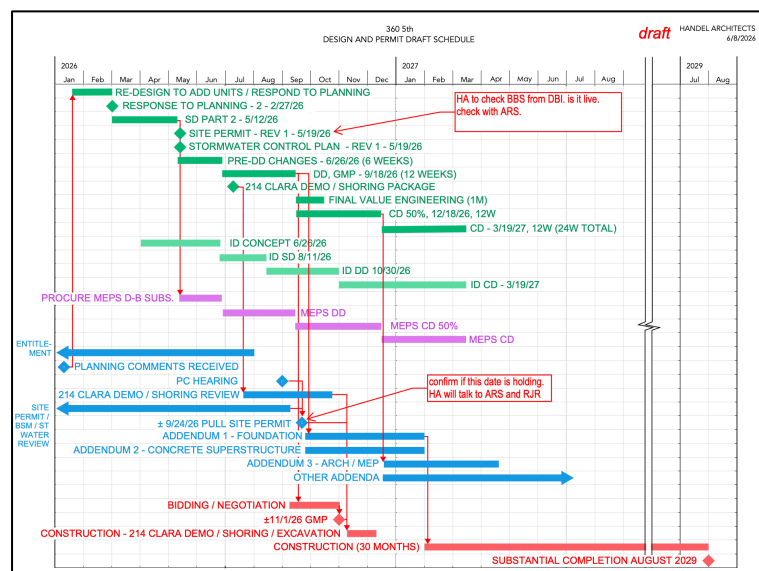


Figure IV.3.6 - Calendrier de CD utilisé par les collaborateurs lors du projet « 360 5th Street ».

Ce calendrier coconstruit par l'architecte et le bureau d'étude a permis d'analyser en simultanée les différentes actions des acteurs en fonction de la phase du projet. Il tient compte des délais hebdomadaires (appelés « Milestones ») de chacun de ces derniers de sorte à éviter les retards de rendus des livrables.

Rôle interne :

Le rôle interne d'un ingénieur PE lorsqu'il se voit attribué un projet de cette catégorie est d'anticiper que celui-ci puisse prendre jusqu'à 40% des heures hebdomadaires et de le notifier aux managers de sorte que son emploi du temps soit aménagé pour les autres projets. La qualité de communication de l'ingénieur se fait donc aussi en interne. Celui-ci a un recul nécessaire sur ses tâches pour anticiper les variations et s'adapter pour éviter les retards⁶.

De plus, un emploi du temps précis et un résumé des actions restantes sont deux actions qui ont beaucoup aidé à garder le rythme de travail lors du projet « 360 5th Street »⁷.

IV.3.4 Stratégie face à l'imprédictibilité

Comme précédemment évoqué, les besoins dans ce type de projets sont très précis mais le type de solutions n'est pas fixé en début de projet. De plus, lorsque les premières pistes sont envisagées, les rapports et expertises sur lesquelles se base le bureau d'étude structure sont rarement déjà publiés (géotechniques en particulier), ce qui rajoute une certaine incertitude sur les choix pris, incertitude à évoquer dès le début des discussions. Sans avoir connaissance des incertitudes de travail, les changements de directions pourraient être interprétés comme des erreurs techniques de la part de l'ingénieur.

De sorte à éviter au mieux le sentiment d'incertitude du client, l'ingénieur se base sur deux capacités principales : l'anticipation et l'expérience.

⁶ Confer Annexe IV.3.1

⁷ Confer Annexe IV.3.2

Utilisation de l'anticipation

Le client demande toujours une flexibilité sur les designs proposés. Par conséquent, les solutions proposées en premier lieu n'utilisent pas les matériaux les plus robustes et les géométries les plus massives, de sorte à garder un panel de solutions suffisant pour s'adapter aux demandes imprévues du client. Les ingénieurs PM souhaitent « Ne pas jouer toutes [leurs] cartes d'un coup ». Dans le cas contraire, l'image d'un expert technique qui ne peut pas proposer de solution lorsqu'il lui est demandé d'être flexible sur ce genre de projet nuit à la réputation de l'entreprise et n'incite pas à l'embauche sur d'autres projets.

Au-delà de l'avance technique de l'ingénieur sur la demande du client, une avance stratégique est importante. De fait, pour toute direction prise sur un point du projet, avoir des premiers résultats permet de donner plus de visibilité au client sur les enjeux et les contraintes de chaque option qui lui est proposée.

En outre, anticiper la réponse et préparer une étude technique permet de réduire les délais de design en réduisant les délais de choix de l'architecte. Il est toutefois à noter que l'objectif n'est pas de pousser les décisions dans une direction comme pour le projet « classique », mais toujours de garder deux solutions disponibles compte tenu des choix précédents, ainsi qu'un historique des options potentielles écartées précédemment (en cas de rare retour en arrière).

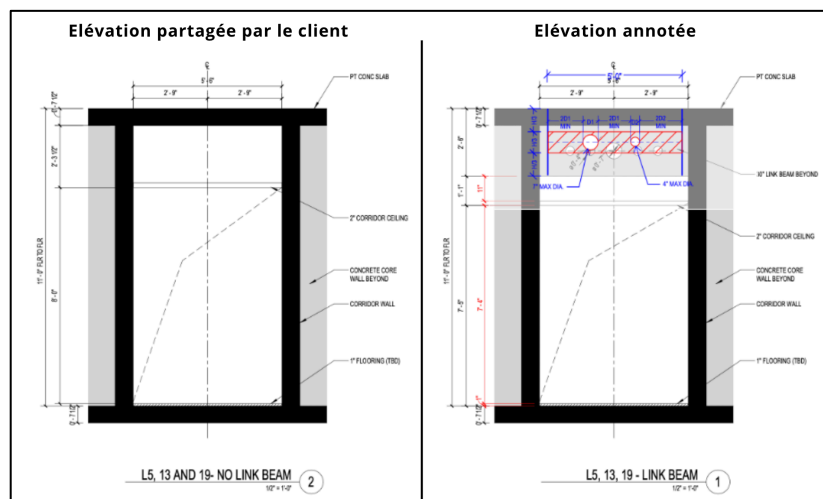


Figure IV.3.7 - Annotations personnelles sur les pénétrations dans le cœur du bâtiment pour la coordination

Ci-dessus l'élévation annotée des pénétrations des poutres au cœur du bâtiment. Bien que certaines pénétrations soient applicables, moins il y en a, mieux la pression est répartie dans la poutre en béton. C'est pourquoi, construire un rapide arbre de choix permet de mettre en place plusieurs annotations de ce type en fonction : du nombre de pénétrations, de la taille des pénétrations, de l'emplacement des pénétrations, etc. Ces plans sont préparés en amont de la réunion et permettent de montrer l'approche exhaustive des solutions au client.

Par ailleurs, si le besoin de celui-ci s'avère plus important que ce qui est typiquement dimensionné, la réponse au besoin sera faisable en dernier recours mais demandera une compensation en matériaux autour des zones au stress le plus haut. L'objectif étant d'avoir des espaces les plus volumineux possibles, cette dernière n'est pas la solution favorite des architectes qui préféreront souvent adapter leur besoin.

Utilisation de l'expérience :

Ce type de projet n'est pas aussi commun qu'un projet classique mais l'ossature des bâtiments peut observer des règles générales de constructions appropriées avec l'expérience de ce type de projets. Pour les phases préliminaires SD, donner une taille de colonne classique à l'architecte ou encore épaisseur moyenne des dalles viennent de règles apprises avec des années d'expérience. De plus, cette dernière permet d'avoir un recul immédiat sur les données brutes récoltées lors des phases d'études techniques, ce qui permet de stopper et d'éviter rapidement les impasses et écueils qui feraient in fine perdre de l'argent à l'entreprise.

Enfin, concomitamment à la phase SD, l'expérience de l'ingénieur en phase CD permet l'anticipation de points bloquants et justifie des prises de position face au client. Ces derniers ont un potentiel passif professionnel avec l'entreprise et leurs schémas de travail se répètent entre les projets. L'expérience de l'ingénieur est donc utilisée pour connaître au mieux le client et anticiper ses besoins. Par exemple travailler avec l'entreprise d'architecture « BDE Architects » depuis de nombreuses années a permis de connaître *a fortiori* les attitudes, attentes et personnalités des collaborateurs.

Ce trait de la communication et de la connaissance des collaborateurs prend plus de 6 mois pour un ingénieur, en particulier ce genre de projet. Toutefois, ces mêmes collaborateurs peuvent être de potentiel clients dans plusieurs mois/années pour le même ingénieur. Il a donc été utile à titre personnel d'apprendre à connaître les différents collaborateurs de ce type de projet, comme investissement à long terme sur les relations aux autres entreprises.

IV.3.5 Entretenir la relation de confiance.

La relation de confiance qu'accorde un client au bureau d'étude pour ce genre de projet est importante. De plus, l'architecte et le bureau d'étude forment un socle rigide pour les autres ingénieurs arrivant plus tard sur le projet (mécanique, électrique, etc). Entretenir une relation au client est donc bénéfique pendant mais aussi après le projet.

Soutien technique

Premièrement, l'écueil majeur à éviter est celui des erreurs techniques. La communication interne au sein du bureau d'étude est primordiale, afin de s'assurer de la véracité des résultats. De fait, communiquer un résultat qui s'avèrera être remis en cause par la suite fait perdre la crédibilité « d'expert » d'un bureau d'étude vis-à-vis de l'architecte. Par ailleurs, comme indiqué précédemment, la complexité du projet imposant un calendrier réduit, une erreur de calcul peut avoir pour conséquences plusieurs semaines de retard sur les livrables, ce qui réduit aussi la crédibilité de l'entreprises vis-à-vis du propriétaire et des autres acteurs.

Soutien moral

Deuxièmement, le bureau d'étude doit être un soutien à l'architecte tout au long du procédé d'incorporation des corps d'états au projet (en phase DD et CD). De ce fait, à ce stade du projet, le rôle de l'ingénieur structure n'est plus de relancer les études techniques, mais plutôt de justifier les choix de l'architecte et de coordonner les points de « contact » entre les corps de métiers et la structure du bâtiment.

Par conséquent, il est naturel que le soutien de l'ingénieur soit efficace lorsqu'il croit en les compétences de l'architecte et qu'il croit au projet. Cette motivation est le fruit d'un lien tissé avec l'architecte qui se tisse :

- Au travers des études menées ensemble les semaines en amont en phase SD.
- Par une démarche de rencontre physique avec le client.

De fait, l'entreprise DCI Engineers pousse tous les collaborateurs à connaître les clients avec qui ils travaillent de sorte à améliorer ses résultats, conserver une relation de confiance et entretenir cette relation pour de futurs projets. La relation est encouragée à potentiellement être extra-professionnelle, ce qui rend plus confortables les interlocuteurs.

En somme, la proactivité du bureau d'étude est prodiguée, ce qui permet d'alléger la charge de travail de l'architecte en coordination des acteurs et rapproche ces deux premiers. À titre personnel, plusieurs projets ont permis de rencontrer d'autres stagiaires ou ingénieurs juniors dans des positions similaires, de partager les expériences et de se familiariser avec des personnes qui constitueront les futurs dirigeants des entreprises partenaires.

Dualité de position du bureau d'étude :

Le bureau d'étude est à la frontière entre le client (architecte) et le GC (prestataire général). Ce premier sert donc deux prismes différents. Dès lors, le contracteur général a pour objectif de livrer le bâtiment dans les délais les plus courts et à moindre frais pour tous ses projets. Ce dernier tente donc pour chaque projet de modifier ou adapter ses tâches pour optimiser ses coûts (matériaux et main d'œuvre).

Chaque changement de procédé/méthode proposé par le GC doit être approuvé par le client. Cependant ce dernier délègue la responsabilité au bureau d'étude pour toute coordination impliquant la structure du bâtiment. C'est donc durant la phase de CA (Construction Administration) que des plans de modifications sont envoyés par le GC au bureau d'étude pour être approuvés.

Pour ce genre de projet particulier, l'ingénieur structure est dans la majorité des cas capable d'adapter ses détails techniques pour accommoder le GC mais ne rend pas cette tâche facile, de sorte à ne pas habituer les contracteurs à changer les plans aussi tard dans le projet. Néanmoins, le bureau d'étude comme le GC reçoivent des primes lorsque le projet est livré en avance. Il est donc avantageux pour ces deux corps de métier de construire le projet en synergie.

Aussi, une entreprise de contracteur général a généralement besoin du bureau d'étude de son côté des débats avec l'architecte, ce qui rend cette première aisément reconnaissante de l'ingénieur soutenant son idée et sera pour un projet futur plus facilement enclin à des changements de dernière minute de la part du client.

Exemple concret :

Un projet complexe en bois massif a commencé sa phase CA pendant le stage. Ce projet devait statuer des derniers détails structurels et ouvertures avec tous les acteurs et le GC avant commande des poutres et panneaux CLT servant à la construction. Les réunions d'environ 2 heures hebdomadaires suivies de réunions individuelles ont permis la coordination du plan d'action en collégiale d'acteurs. Cette méthode a pris un certain temps à construire la version finale des plans et a mis à l'épreuve l'adaptabilité de chaque corps de métier. Il a été question pour DCI de justifier les choix du GC en matière de bois et de géométrie des poutres (étant très couteuses) tout en garantissant les besoins de l'architecte et la viabilité de la structure.

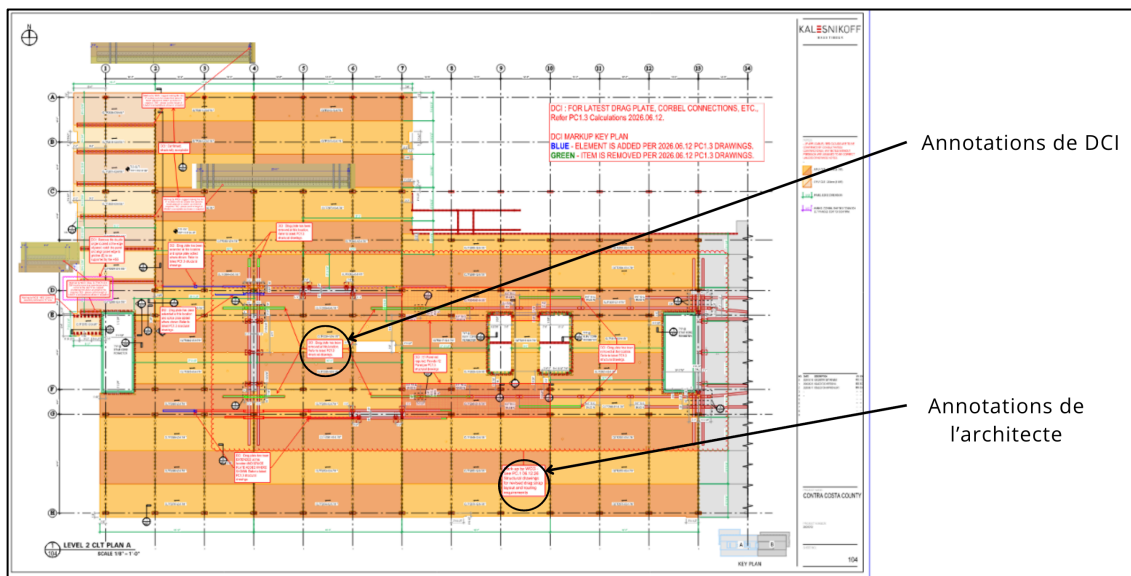


Figure IV.3.8 - Plans du contracteur général annotés par l'architecte et le bureau d'étude en même temps (projet « Contra Costa Country »).

Comme notable sur le plan ci-dessus, la coordination s'est faite sur plan avec tous les collaborateurs annotant en simultané sur celui-ci tout au long des réunions. L'avantage de ce type de coordination réside dans la centralité de l'information et des documents, ce qui peut aussi être un inconvénient (désordre, mauvaise lisibilité). C'est pourquoi, une attention particulière sur la lisibilité et l'organisation doit être mise en place et respectée par chacun. Ce projet en particulier a pour autant mis trop de temps à valider les plans et a pris deux semaines de retard.

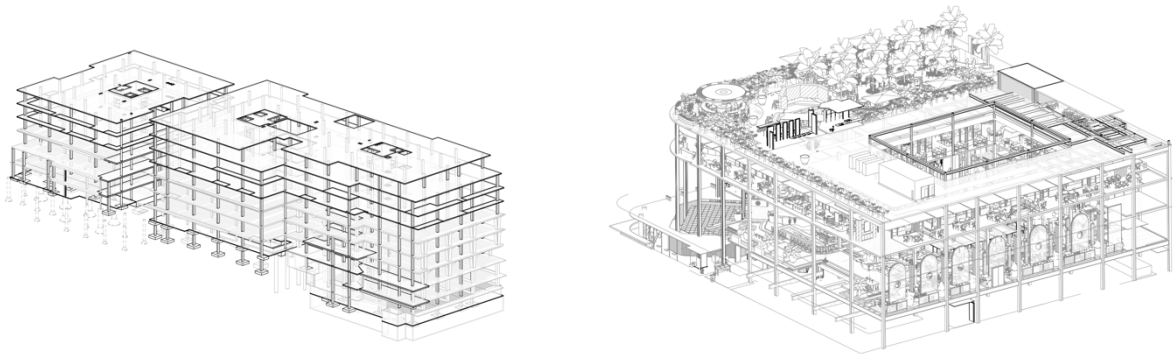
L'efficacité de ce type de coordination peut en somme être très efficace mais dépend fortement de l'implication de chaque collaborateur et de la coordination des idées.

IV.4 Le projet existant

IV.4.1 Contexte particulier

La ville de San Francisco a une superficie de 121km^2 , ce qui représente trois fois celle de Paris. Néanmoins, près de 50% des logements de la ville ont été construits il y a 50 ans et comportent entre 2 et 4 étages (Contrairement à Paris et ses immeubles Haussmanniens). En effet, la politique de la ville a longtemps été celle de l'expansion en surface plutôt qu'en hauteur. Aujourd'hui avec le durcissement des normes sismiques et environnementales de la Californie, la remise aux normes de plusieurs bâtiments existants devient une priorité des investisseurs. Cependant, le coût de remise aux normes des bâtiments existants peut être très élevé. Le propriétaire a donc besoin du bureau d'études pour considérer la rentabilité de la réhabilitation par rapport à la reconstruction.

Le cas générique du projet existant à San Francisco est donc celui-ci : un bâtiment à intérêt historique ou architectural nécessitant de conserver les particularités physiques de la structure (façades, matériau, géométrie, ...). Il est aussi à rappeler que les prix de l'immobilier sont en hausse constante, ce qui pousse à la rentabilisation des grands terrains.



Figures IV.4.1 et IV.4.2 - Deux géométries de projets existants étudiés lors du stage (3333 California Street et One Montgomery Street)

Lors de ce stage, un projet sur bâtiment existant nommé « 3333 California Street » d'envergure a entamé sa phase, ce qui a permis l'étude particulière de ce type de projet, à la fois en termes d'analyse mais aussi en termes de coordination.



Figures IV.4.3 et IV.4.4 - Deux photographies aériennes du 3333 California Street (SF Planning et

Ces deux photographies aériennes placent géographiquement le bâtiment de bureaux dans une zone résidentielle très prisée de San Francisco. L'augmentation du prix de l'immobilier influence naturellement sur les projets du propriétaire du bâtiment. Celui-ci a donc passé un contrat de construction de quatre immeubles résidentiels sur ce terrain, tout en gardant l'architecture extérieure historique de ce bâtiment de 1955.

Objectifs :

Dans ce contexte, les clients ont des objectifs différents des autres projets. Le facteur temporel n'est notamment plus aussi important que pour les autres cas puisque le bâtiment est déjà existant et qu'il rapporte déjà au propriétaire par la location. Plus précisément, le rendement devient central, ce qui signifie que le besoin du client s'articule autour de la qualité technique et de la rentabilité des matériaux utilisés.

Il est important de préciser que ce genre de projet est perçu à « long terme » par l'entreprise puisque les décisions sont lourdes de conséquences et demandent du temps de réflexion pour chaque partie. Le travail de l'ingénieur est donc par la même occasion plus long et plus rigoureux puisque les contrats passés ont des clauses plus strictes que pour les autres projets.

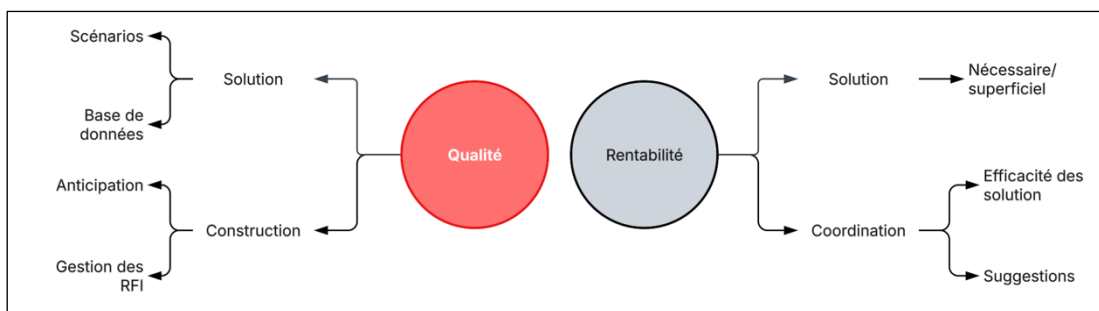


Figure IV.4.5 - Carte mentale des implications des besoins du client pour un projet existant.

IV.4.2 Ingénieur leader technique

Dans ce contexte, l'ingénieur possède majoritairement un rôle d'expert technique. En effet, celui-ci est moins impliqué dans la coordination des acteurs dès la phase SD (à l'instar d'un projet classique), l'ingénieur a pour objectif premier de répondre aux questions des architectes en apportant des solutions dans les délais les plus brefs.

Par exemple, les changements de géométrie, les modifications de murs porteurs existants, ou encore l'ajout de poids supplémentaire, sont toutes des questions que l'architecte se posera lors de la transformation du bâtiment. Chaque question étant un point clef du design, une réponse précise est de vigueur. Par exemple, le changement de géométrie des espaces est commun et influence l'étude de la structure existante. Modifier « facilement » ce paramètre pour un architecte peut être une tâche lourde de calcul pour le bureau d'étude. Par ailleurs, les livrables pour le client doivent être compréhensibles sans bagage technique, ce qui demande un effort particulier de transformation des données brutes en schémas et tableaux. L'enjeu de « transformation » des données est une tâche généralement attribuée au stagiaire. Cette mission aide non seulement à l'amélioration de la communication au client, mais aussi à vérifier la bonne compréhension des données technique (formation).

Cependant, l'écueil de ce genre de projet peut être la passivité de l'ingénieur puisqu'il est en « attente » des demandes de l'architecte. L'entreprise met donc une énergie particulière dans l'anticipation des questions de ce dernier et ainsi prévoit à l'avance des scénarios et propositions de solutions supplémentaires. Il est principalement question de compromis dans ce genre de projets, mais les décisions viennent du propriétaire uniquement, l'ingénieur ne fait que donner des suggestions. Cela étant, l'aspect limitant dans cette démarche est celui de la croissance de l'entreprise. En effet, de sorte à conserver une marge financière entre paiements du client et salaires des PE, l'entreprise cherche à ne pas dépenser trop d'heures de travail sur ce projet, ce qui limite les possibilités d'anticipation et peut être frustrant pour un PE au cœur du projet.

Les ingénieurs seniors et les plus expérimentés sont donc chargés d'être PM pour ces projets et s'entourent de maximum 2 PE avec 50-70% de leur temps sur ces projets. Par exemple tout au long du stage, le projet numéro 3333 *California Street* a occupé entre 16 et 24 heures de temps de travail en tant que PE stagiaire chaque semaine pendant six mois, ce qui représente (et uniquement à l'échelle d'un salarié stagiaire) plusieurs milliers de dollars de salaire rien que pour ce projet.

Dans un même temps, le client n'est réalistiquement plus garant du calendrier du projet (contrairement au projet classique) puisqu'il n'observe pas de pertes à attendre. Ce n'est pas le cas de l'ingénieur qui facture son service à coût fixe, peu importe le nombre d'heures passées dessus. DCI Engineers demande ainsi à chaque collaborateur de prioriser et optimiser ses missions (en particulier les PE qui demandent plus de temps pour accomplir une tâche que les PM), de sorte à réduire leur impact. Cette responsabilisation des actions met en confiance les collaborateurs et met en exergue la contribution à la croissance de l'entreprise pour chaque ingénieur.

Méthodologie de suggestion :

En pratique, peu de limites physiques et constructibles sont données au client lors de ces projets, puisque l'éventail de mesures techniques pour « garder » le bâtiment existant est très large. De ce fait, la solution d'ingénierie « lourde » n'est pas donnée avant d'avoir tenté des changements moins coûteux auprès des autres acteurs (principalement l'architecte). De surcroît, peu importe la solution proposée, sa flexibilité sera toujours mise à l'épreuve par l'architecte, ce qui pousse l'ingénieur à proposer en premier lieu une solution « légère » et graduellement complexifier en fonction des demandes architecturales.

Pour chaque idée du client, l'ingénieur propose une analyse de chaque solution en avantages et inconvénients, et surtout garde en archive un compte rendu de toutes les solutions proposées et de la plus judicieuse à chaque moment, en fonction de chaque décision. L'entretien de la base de données pour le projet « 3333 *California Street* » fut une tâche attribuée lors du stage en même temps que celle d'effectuer les études structurelles, ce qui a permis de conserver un point de vue à la fois global du projet et une connaissance précise des caractéristiques techniques de chaque modèle. Cette double position a été utile lors des réunions avec les clients lorsqu'il a été question de décrire les modèles étudiés et les différents cas possibles pour de prochaines études.

IV.4.3 Difficultés rencontrées

Ce type de projet demande un travail qui sort souvent des projets classiques et innovants et demande de traiter les problématiques au cas par cas, avec moins de références. Les difficultés sont donc accrues et leur temps de traitement allongé. Trois grands types de difficultés sont rencontrés : technique, architecturale (et financière) et de coordination.

- La difficulté technique se concentre uniquement en interne et peut survenir lorsque le client donne une limite de matériau ou de quantité d'éléments structurels à utiliser. Par exemple pour le projet *3333 California*, le client souhaita avoir le dernier étage de son bâtiment avec le moins de colonnes possible et aucun mur sur la façade Est (dans un objectif architectural). Ce choix limite très fortement les actions de l'ingénieur et demande une adaptabilité des solutions de sorte à proposer un scénario unique autour de ce point.
- La difficulté architecturale réside dans les changements en phase DD/CD de la part de l'architecte sur des points fixés depuis plusieurs semaines dans les scénarios de solution (emplacement des murs porteurs, épaisseurs, ouvertures, ...). De plus, lorsque la solution technique répondant aux attentes architecturales demande une extension des fonds des investisseurs, le projet est souvent placé en attente (« hold ») le temps de trouver les fonds nécessaires continuer le projet. Durant cette période, le bâtiment existant offre toujours ses services actuels et les ingénieurs arrêtent de travailler sur ce projet. Il n'y a donc aucune perte générée par les différentes parties.
- Enfin la difficulté de coordination intervient lorsque les acteurs changent. En effet sur ce type de calendrier de projet, le client peut décider d'en changer les acteurs pour des raisons techniques ou financières. En interne à l'entreprise, une archive des travaux est effectuée de sorte à garder trace mais ce n'est pas le cas pour tous les acteurs. Il arrive donc parfois de commencer un projet sur une base peu stable et incomplète d'informations, ce qui ralentit le procédé de l'ingénieur.

Par exemple pour le projet « 20 Franklin » une première étude technique d'une autre entreprise a fait construire des soutiens parasismiques au bâtiment à grands frais. Cependant, ces études n'ont pas été correctement menées et le risque d'écroulement du bâtiment était toujours existant, ce qui a poussé le client à se tourner vers un autre bureau d'étude (DCI). Le travail technique personnellement réalisé s'est donc basé sur des matériaux pour lesquels les calculs n'étaient pas disponibles et les plans que partiels, ce qui a poussé l'entreprise DCI Engineers à « ignorer » l'implication de ces parties de la structure.

IV.4.4 Méthodes de résolution

La coordination interne :

Tout d'abord, le caractère unique de ce type de projet ne permet pas la généralisation des designs à grande échelle. Néanmoins, les ingénieurs ayant travaillé sur un projet demandant un développement approfondi des calculs se souviennent particulièrement bien des problématiques et des contraintes liés à ce projet. Dès lors au fil des années de travail au sein de l'entreprise, les ingénieurs ont une capacité de remémoration des procédés utilisés en fonction des similitudes entre deux projets « uniques ». En pratique, même si le design global est différent, certaines zones particulières peuvent avoir des solutions communes. Tous les projets et leurs calculs sont accessibles aux collaborateurs de l'entreprise, ce qui permet un accès avec une grande facilité à différents projets anciens. Par exemple, dans le projet «20 Franklin Street », le PM a donné la mission d'analyser les calculs et procédés utilisés pour un autre projet en me donnant son identifiant. Cette tâche a donc permis de se familiariser avec un projet déjà validé et construit, de prendre du recul sur les besoins des deux projets et de synthétiser les différentes particularités similaires, de sorte à suggérer au PM des difficultés à venir et des solutions à proposer en amont au client.

L'archivage des données :

Pour que le travail de comparaison aux projets précédents soit efficace il est par conséquent nécessaire pour l'entreprise de construire et d'entretenir une base de données précise (sur serveur). Il est ainsi de la responsabilité de chaque collaborateur de transférer son travail (après validation par les PM) à chaque passage en permis de construire, ce qui sera potentiellement très utile pour un futur projet et permettra un gain de temps en comparaison aux entreprises avec moins d'expérience. In fine, plus l'entreprise a d'expérience avec cette méthode, plus le champ de projets possibles couverts par sa base de données est important, plus cette première a un ratio de temps de travail par service faible. Ce ratio tend à faiblir avec l'expérience des ingénieurs et de l'entreprise, ce qui augmente donc la rentabilité et ainsi la croissance de cette dernière.

La coordination externe :

Toutefois, bien que le domaine soit très technique, la solution majeure réside dans la relation au client (principalement l'architecte). En particulier, une solution technique peut être trouvée par tout ingénieur formé mais peu sont les ingénieurs techniques qui peuvent avoir une vision systémique des ordres de grandeur des coûts, des besoins et des points techniques adaptables à ces derniers. Par conséquent, les compétences de l'ingénieur et la démonstration de sa compréhension de tous les enjeux (concedant des compromis et communiquant ses besoins au client) sont des qualités très appréciées par l'architecte. De plus, les projets « uniques » sont attribués à des ingénieurs de confiance pour le client, il est donc nécessaire de garder cette relation de confiance pour les projets à venir.

Tout collaborateur participe à l'entretien d'une relation. Les collaborateurs les plus jeunes sont sollicités pour tisser des relations avec les jeunes collaborateurs des entreprises clientes, de sorte à assimiler au mieux les besoins de celles-ci et favoriser l'attribution de futurs projets. Il a donc été question pendant le stage d'envoyer périodiquement des courriels à des clients, de proposer de prendre un café ensemble, mais aussi d'organiser un dîner pour les clients de DCI Engineers. Toutes ces attentions permettent d'apprendre à connaître les personnalités des acteurs au sein d'un projet, ce qui permet d'orienter la stratégie de communication des équipes ainsi que de favoriser la communication. De fait, un client à l'aise communiquera plus avec l'entreprise et sera plus en confiance face aux suggestions des ingénieurs.

IV.4.5 Service d'expertise de l'existant

La mission d'expertise pour un bâtiment existant est très particulière. En effet, aucune construction n'est contractée par le client mais des pistes de constructions se dessinent et celui-ci a besoin d'un avis technique sur la faisabilité du terrain.

En règle générale, ce genre d'expertise a une contrainte de temps forte puisque le client souhaite une réponse rapide et juste. Les calculs du bureau d'étude ne sont pas techniquement lourds mais cette contrainte de temps bouscule les plannings des PE. Le prix du service demandé est donc dit « premium » et coût nettement plus cher de sorte à rentabiliser les heures de travail passée sur ce projet au détriment d'un autre.

Ensuite, un seul PM et un PE sont généralement en charge d'une expertise. Le rôle de l'ingénieur en charge du projet est généralement double. D'une part celui-ci répond techniquement au besoin du client de façon claire et surtout compréhensible par celui-ci. Les livrables sont *de facto* directement envoyés au propriétaire et non à l'architecte pour ce genre de projet, ce qui ne garantit pas un bagage technique du lecteur. D'autre part, ce type de service sert de « vitrine » pour le client. Si l'expertise paraît claire et méthodique, celui-ci ayant le contact du bureau d'étude sera plus facilement enclin à attribuer le potentiel futur projet sur l'existant à l'entreprise DCI Engineers.

Par exemple à l'endroit d'un projet de construction, le client prévoit au préalable la démolition partielle de l'existant. Celui-ci souhaite s'assurer pouvoir utiliser des camions transportant les déchets sur les dalles du bâtiment sans les détériorer. DCI Engineers sert ainsi d'expert technique statuant le type de camion pouvant circuler, à quels endroits des dalles et avec quel chargement. Néanmoins, les modélisations brutes ne sont pas utiles au client. C'est pourquoi le bureau d'étude fournit des plans clairs du plan d'action, en supplément des calculs techniques servant au permis de démolition.

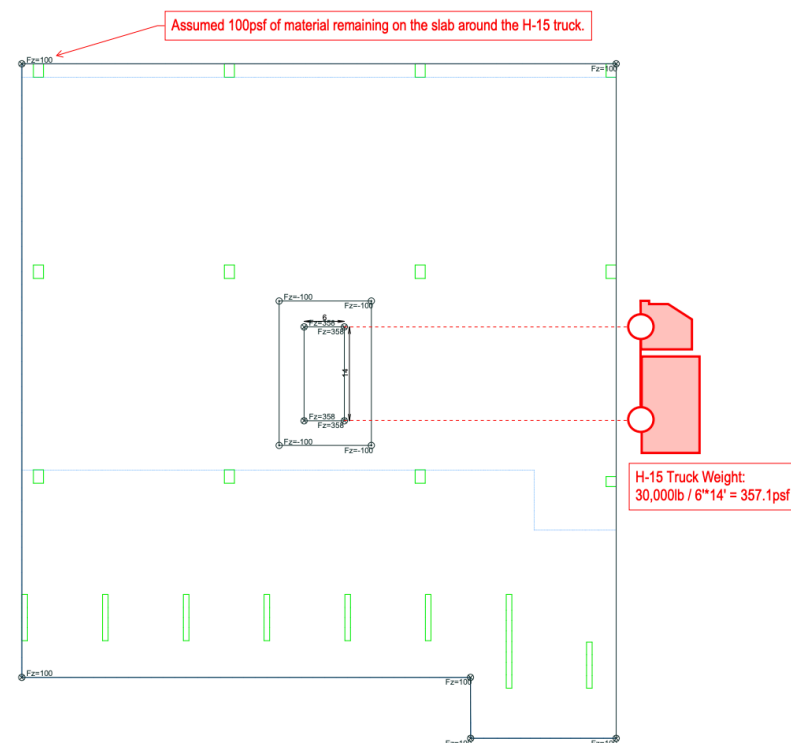


Figure IV.4.6 – Livrable sous forme de plan de l'expertise, avec données brutes traduites⁸. (Projet « Los Gatos Meadows »).

⁸ Confer Annexe IV.4.1

V. Conclusion

En étant chargé d'étude dans une région en pleine croissance économique et devant répondre à des enjeux : climatique, économique, démographique et politiques, j'ai été plongé dans un environnement de travail répondant simultanément à tous ces besoins. En particulier à San Francisco, les entreprises de technologies (Intelligence Artificielle, médias et électronique) participent au développement rapide de la région et attirant de nombreux travailleurs, ce qui augmente le besoin de logement.

Chaque projet est unique dans ses caractéristiques mais des schémas de méthodes et des procédés de réalisations se répètent lorsque le bureau d'étude cherche à optimiser ses missions. L'optimisation permet de dégager un bénéfice net intéressant à l'entreprise tout en répondant qualitativement au client.

Il convient de statuer de la grande importance des besoins du client sur un projet. En effet, prioriser la rentabilité des matériaux, le temps de construction ou encore la qualité de la construction mène le projet et les acteurs dans des directions différentes à court terme. Par conséquent, chaque projet demande à l'ingénieur d'adopter une posture et un équilibre particulier. Un client sur un projet mineur peut de plus s'avérer devenir détenteur d'un projet majeur dans le futur. C'est pourquoi, la relation au client est une variable non négligeable inculquée lors de ma formation. Les moyens de réalisation sont multiples en fonction du type de projet : classique, innovant ou existant.

Le projet classique demande par sa nature une étude technique moins poussée que les autres types de projets, mais néanmoins une connaissance complète et parfaite des matériaux et pratiques utilisées. L'ingénieur utilise majoritairement ses capacités organisationnelles et oratoires. Ces-dernières permettent de conserver une vision systémique du projet et de prévenir des points pouvant ralentir le projet. En somme, plus de deux tiers du travail de l'ingénieur en bureau d'étude est consacré à la coordination des acteurs et à la vérification du suivi des contraintes structurelles imposées contre un tiers de d'étude technique pur. L'ingénieur dépasse donc complètement son utilité technique lors de ce type de projet, puisque la majorité de ses services se concentrent autour de la coordination. Ce ratio est facilité par l'étendue de projets de ce type déjà effectués.

D'un point de vue financier, ce type de projet rapporte à l'entreprise des revenus moins importants que les autres projets mais bien plus fréquents. Le type de revenus d'un projet classique est donc bénéfique à la croissance de l'entreprise, mais se baser uniquement sur ce type de projet impose une croissance faible et lente de l'entreprise à long terme.

Le projet innovant se détache partiellement du projet classique dans les attentes de l'ingénieur en bureau d'étude. Ce dernier ne donne dès lors pas de limitations aux autres acteurs pour ce type de projet, il conseille et organise sa stratégie en fonction des besoins des acteurs. Plus précisément, cette stratégie implique l'anticipation et la qualité de compréhension des besoins de sorte à répondre de façon juste et originale au client. Pour se faire, le bureau d'étude engage des moyens techniques d'étude plus importants et créatifs que pour les projets classiques, de sorte à s'adapter au mieux aux attentes du client. Par ailleurs, la connaissance du client et de sa personnalité sont des atouts pour l'ingénieur en charge du projet, puisqu'ils définissent le cadre de suggestion et de proactivité nécessaire au bureau d'étude. Par conséquent, ce type de projet demande une implication très équilibrée entre étude technique et coordination avec les acteurs (en particulier l'architecte). En définitive, ce type de projet demande de surpasser les capacités techniques de l'ingénieur en les encadrant par des tâches stratégiques de coordination (gestion du calendrier, des besoins des acteurs, ...).

D'un point de vue financier ici, ce type de projet rapporte des revenus plus importants qu'un projet classique, mais à fréquence plus faible, ce qui diminue les revenus nets à long terme. Ce type de projet est cependant moins fréquent que les projets classiques, ce qui impose que l'entreprise ne se concentre pas uniquement sur ce type de projets, au risque de faire l'expérience de pertes financières à long terme.

Le projet existant et l'expertise technique se distinguent par leur nature de réhabilitation de l'existant et la concentration des efforts sur la performance. Le temps de réalisation du projet n'est plus une contrainte, ce qui permet au bureau d'étude d'engager plus de ressources techniques à long terme dans ce type de projet que dans les autres. L'ingénieur en bureau d'étude apporte majoritairement une expertise technique poussée et engage ses compétences de coordinations principalement dans la transposition des données brutes en résultats compréhensibles. En conséquence, ce type de projet demande une quantité de travail majoritaire pour la technique, le conseil au client impose de faire preuve d'une grande qualité de coordination.

Ces projets dominent largement les autres types de projets par leur apports réguliers en revenus lorsqu'ils sont actifs. De ce fait, demandant un grand investissement, ce type de projet peut être mis en attente (pendant ou entre chaque phase) d'investissements supplémentaires. Pendant la période d'attente le bureau d'étude observe donc des revenus nets nuls pour ce type de projets, ce qui n'est pas bénéfique pour la croissance de l'entreprise.

Les différents types de projets demandent différents degrés de technicité et de stratégie permettent une stabilité financière à l'entreprise. En particulier, travailler en simultané sur ces trois types de projets permet de garder des revenus constants (projets podium et expertises techniques) et de croître rapidement (projets innovants et existants). Cet équilibre évolue avec la quantité de collaborateurs au sein de l'entreprise, puisqu'ils représentent un coût fixe pour celle-ci. La quantité de projets étudiés en simultané influe aussi sur les besoins de l'entreprise.

Par exemple, avoir un étalement du calendrier de paiement de plusieurs projets innovants permet de garantir des revenus élevés sur une longue période, ce qui permet une plus grande flexibilité financière. Chaque ingénieur contribue donc à optimiser la croissance de l'entreprise d'une part au travers de la diversité des projets auxquels il participe et d'autre part par les choix techniques internes au projets (coûts, relation client, ...).

Néanmoins, à long terme le bureau d'étude aux Etats-Unis est une entreprise cherchant la croissance et l'agrandissement constant de son réseau de clients. En conséquence, bien que les objectifs diffèrent entre chaque type de projets, l'objectif à long terme pour le bureau d'étude est la rentabilité. Celle-ci est en réalité atteinte grâce à une gestion compétente des clients, à l'entretien des relations, à la réputation (technique et stratégique) de l'entreprise, mais surtout grâce aux actions des collaborateurs. Ces derniers sont formés à avoir une vision financière de leurs actions en interne comme pour leurs projets et sont directement impliqués dans la création de bénéfices pour l'entreprise.

VI. Bibliographie

Ted Egan, Asim Khan (2026) Status of the San Francisco Economy: First Quarter, 2026 – County of San Francisco

https://media.api.sf.gov/documents/Status_of_the_San_Francisco_Economy_2026Q1.pdf

Melissa Higbee (2025) San Francisco Climate Plan 2026 – San Francisco Environment Department

<https://www.sfenvironment.org/climateplan>

Louis Dubois (2021) Management français vs management américain : quelles différences ? – International Leader

<https://international-leader.com/management-francais-vs-management-americain-queelles-differences/>

SF.gov (2025) Why San Francisco? – Office of Economic and Workforce Development

<https://www.sf.gov/information--why-san-francisco?>

Shwanika Narayan (2020) San Francisco's Economy plunged after march lockdown – SF Chronicle

<https://www.sfchronicle.com/business/article/San-Francisco-s-economy-plunged-after-March-15823161.php>

Jeffrey Brink (2026) Revenue Playbook and strategies for DCI Engineers – DCI Engineer's speakeasy

Shankar Ram Kasiviswanathan (2023) Podium 101 design training – DCI Engineer's internal training

VII. Annexes et Liste des Figures

1. Liste des Figures

Figure III.1- *La courbe de proportion des logements vacants et la courbe des prix de l'immobilier à San Francisco en 2025-2026 – rapport de SF.gov.*

Figure III.2 - *Diagramme de la quantité de permis de construire délivrés en 2025-2026 par la ville de San Francisco – rapport de SF.gov.*

Figure IV.1.1 - *Photographies des bureaux de DCI Engineers à San Francisco (CA) – photographies issues du site officiel dci-engineers.com.*

Figure IV.1.2 - *Photographie de visites de chantier durant le stage en CA – photographie personnelles.*

Figure IV.1.3 - *Photographie de visites de chantier durant le stage en CA – photographie personnelles.*

Figure IV.1.4 - *Photographie de visites de chantier durant le stage en CA – photographie personnelles.*

Figure IV.1.5 - *Types de rendus en phase DD et CD pour le client, attestant des dimensionnements et de la structure figée. – Plan architectural annoté lors du stage.*

Figure IV.1.6 - *Plan annoté en tant que livrable contenant le dimensionnement des poutres pour le nouveau toit d'un projet – Plan architectural annoté personnellement.*

Figure IV.2.1 - *Géométrie projet podium – Schéma issu de la formation interne aux projet podium.*

Figure IV.2.2 - *Courbe des revenus nets des projets de podium classiques au cours du temps. – Schéma personnel.*

Figure IV.2.3 - *Carte mentale des implications des besoins du client pour un projet « classique » de podium – Schéma personnel.*

Figure IV.2.4 - *Plan diffusé en interne contenant les points « à risque » dans le design du bois pour un projet de podium. – Plan issu de la formation interne aux projet podium.*

Figure IV.3.1- *La géométrie du projet innovant « 395 Street ». – Schéma 3D issu du livrable pour permis de construire.*

Figure IV.3.2 - *La géométrie du projet innovant « 360 5th Street ». – Schéma 3D issu du livrable pour permis de construire.*

Figure IV.3.3 - *Courbe des revenus nets des projets innovants au cours du temps. – Schéma personnel.*

Figure IV.3.4 - *Carte mentale des implications des besoins du client pour un projet « innovant » – Schéma personnel.*

Figure IV.3.5 - *Plan du sous-sol et des fondations à la base de la tour au sein du projet « 360 5th Street », en magenta de potentielles nouvelles fondations. – Plan architectural annoté personnellement.*

Figure IV.3.6 - *Calendrier de CD utilisé par les collaborateurs lors du projet « 360 5th Street » – Calendrier issu des réunions hebdomadaires.*

Figure IV.3.7 - *Annotations personnelles sur les pénétrations dans le cœur du bâtiment pour la coordination – Élévation architecturale annotée lors du stage.*

Figure IV.3.8 - *Plans du contracteur général annotés par l'architecte et le bureau d'étude en même temps.* – Plan du GC annoté par l'architecte et annoté personnellement.

Figure IV.4.1 - *Géométrie du projets existant « 3333 California Street »* – Schéma 3D issu du livrable pour permis de construire.

Figure IV.4.2 - *Géométrie du projet existant « One Montgomery Street »* – Schéma 3D issu du livrable pour permis de construire.

Figure IV.4.3 - *Photographie aérienne du 3333 California Street* – Photographie issue du journal SF Planning.

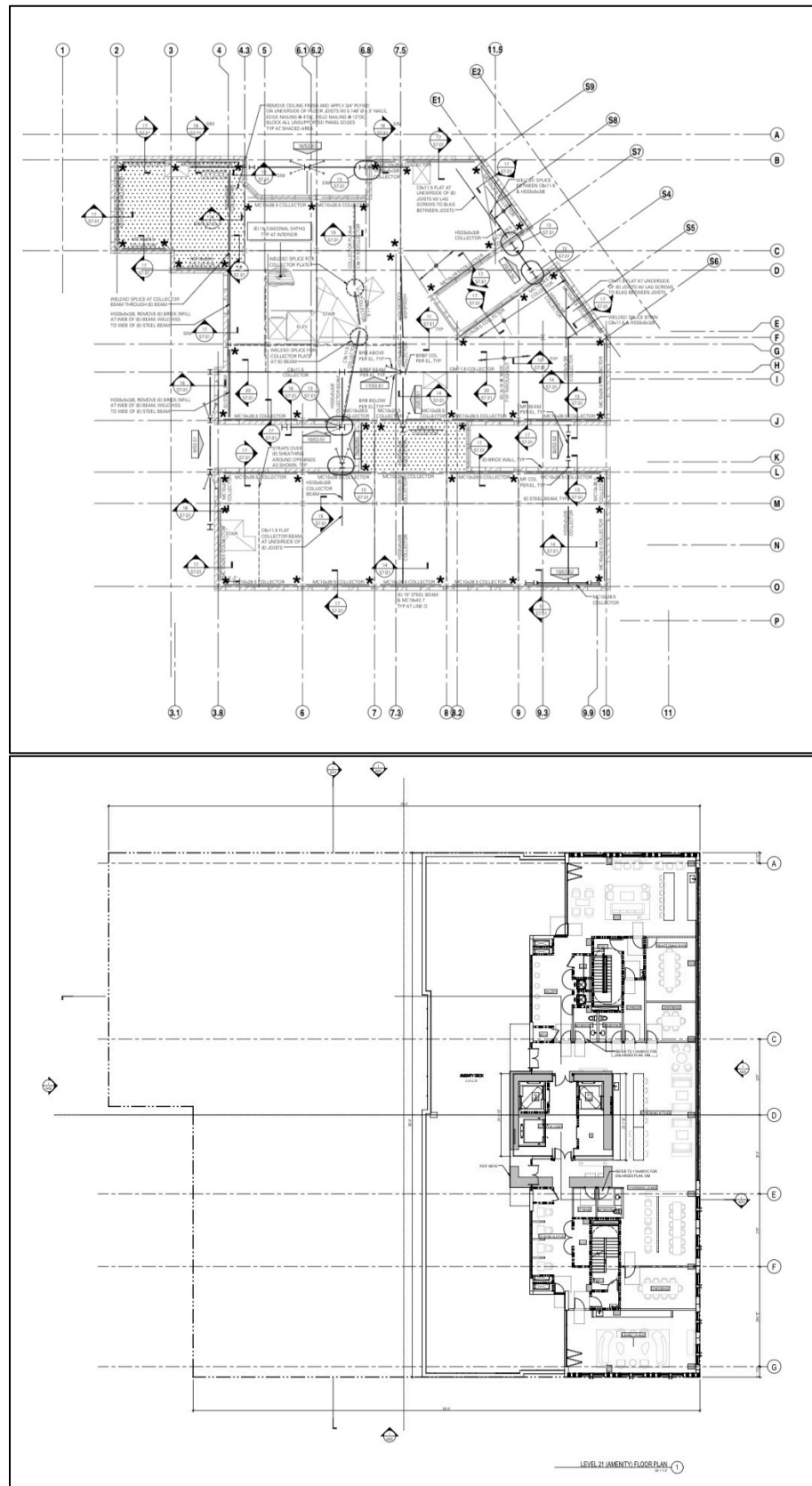
Figure IV.4.4 - *Photographie aérienne du 3333 California Street* – Photographie issue du journal San Francisco Chronicle.

Figure IV.4.5 - *Carte mentale des implications des besoins du client pour un projet existant.* – Schéma personnel.

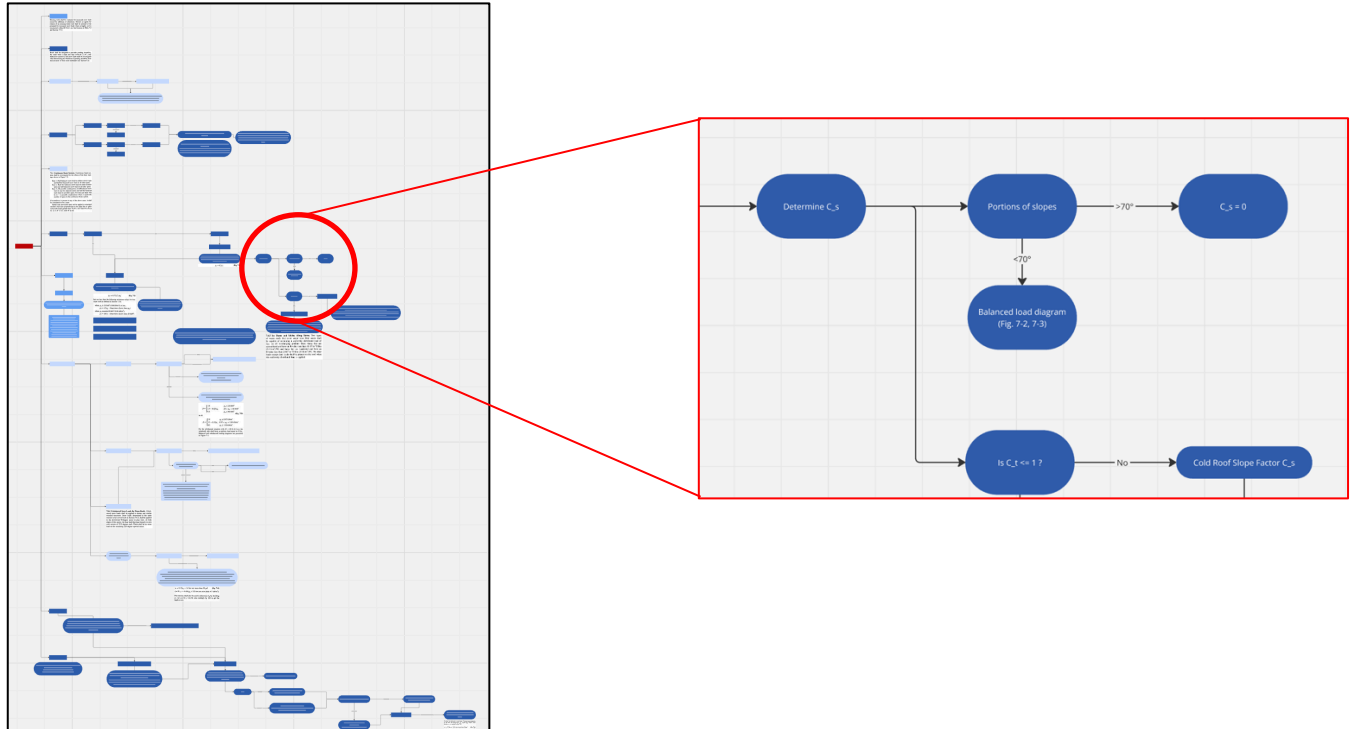
Figure IV.4.6 – *Livrable sous forme de plan de l'expertise, avec données brutes traduites.* – Annotations personnelles sur résultats des logiciels *RAM Concept* et *SP Column*.

Figure V.1 - *Tableau récapitulatif des types de projets, leurs besoins technique et stratégique, ainsi que leur résultat* – Tableau personnel.

Annexe IV.1.1 : plans de 360 5th Street et 20 Franklin agrandis

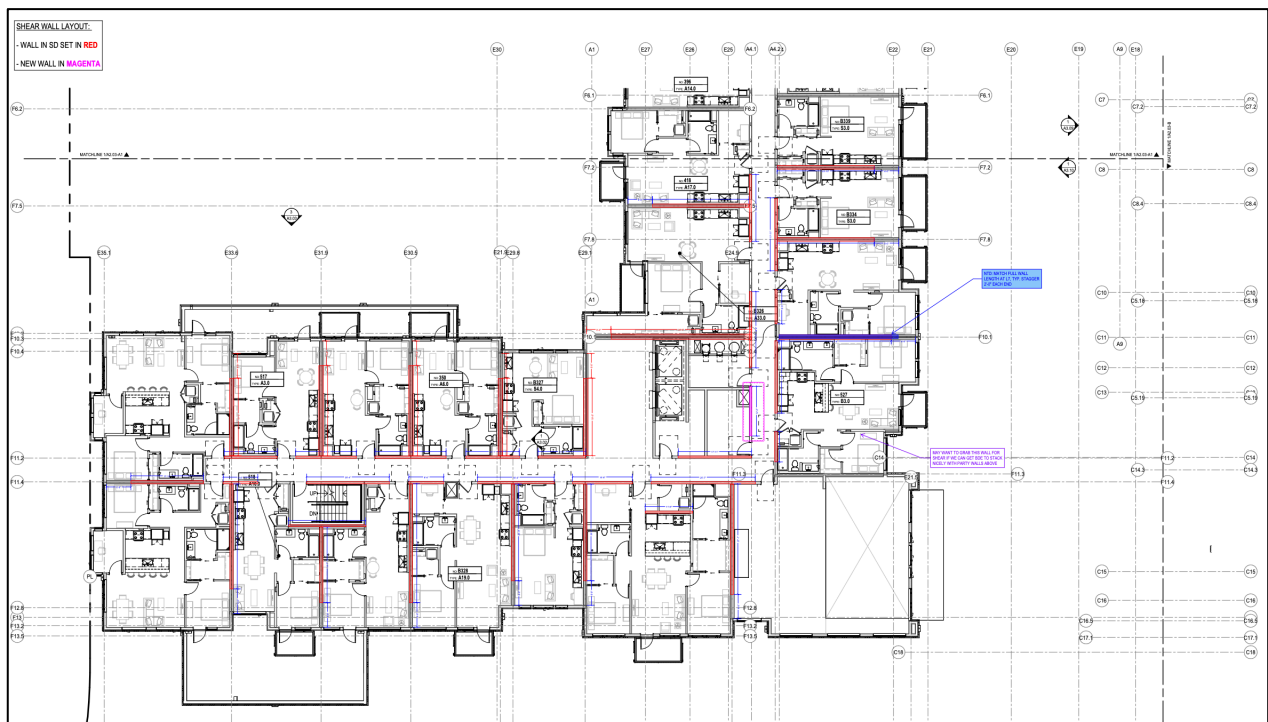


Annexe IV.1.2 - Arbre de choix personnel destiné à l'utilisation de l'ASCE 7-22 (code d'étude structure).

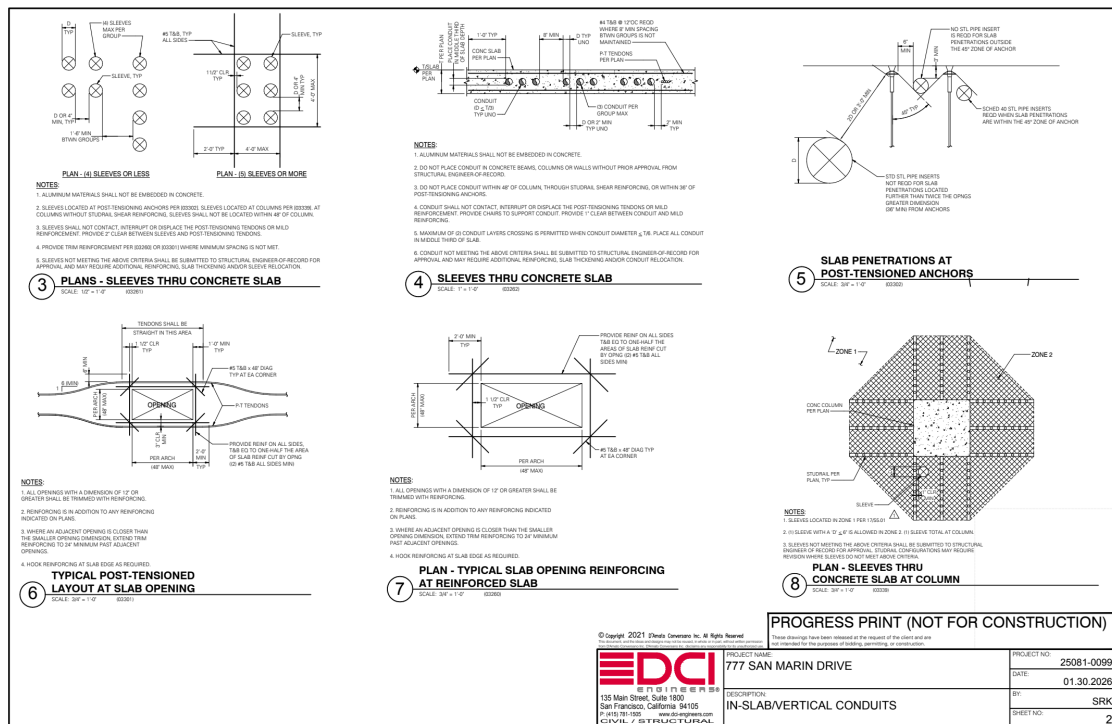


La construction personnelle d'un diagramme de choix (ci-dessus) renvoyant aux équations et chapitres des différents manuels de construction fut un outil facilitant l'assimilation des réflexes à avoir et de l'approche exhaustive des problématiques d'un projet. Par exemple, la détermination du facteur C_s du type de pente de toit et des autres facteurs calculés en amont (ici C_t).

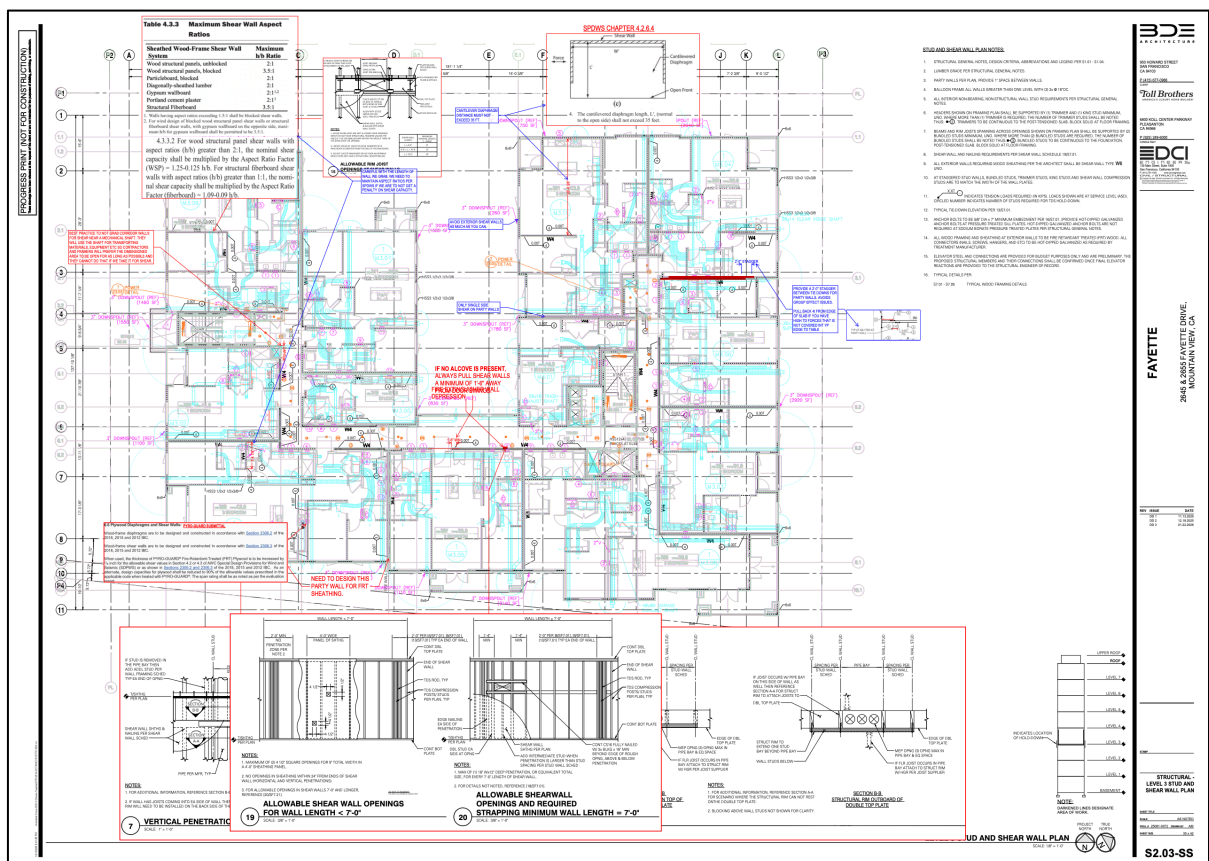
Annexe IV.2.1 - Plan des annotations en phase SD des murs structuraux choisis par l'ingénieur structure.



Annexe IV.2.2 - Détails des pénétrations dans les éléments structuraux fournis pour les podiums.



Annexe IV.2.3 - Plan interne de vérification des points importants pour la structure bois d'un podium.



Annexe IV.3.1 - Tableau Excel interne public notant de la répartition des horaires des collaborateurs. Ce tableau aide à la lisibilité des disponibilités des PE.

[illegible]

Annexe IV.3.2 - Tableau de complétion commun à l'équipe sur un projet et calendrier interne du déroulement de celui-ci.

TO DO:

GRAVITY

- REINFORCE POWER SLAB (14-15)
- LEVEL 21 SLAB
- REINFORCE POWER SLAB
- LEVEL 1 SLAB
- LEVEL 4 SLAB
- LEVEL 15 SLAB
- LEVEL 16 SLAB
- REINFORCE
- STAIRWELLS
- BEAMS

MISC. STEEL

- LEVEL 22 STEEL, NORTH HOUSE
- LEVEL 6 STEEL, PENTHOUSE
- WEDY SORONGE
- EBM CATALKAS

DRAFTING

TYPICAL DETAILS

IN PROGRESS:

GRAVITY

- UPDATE TYP SLAB
- UPDATE LEVEL 21 SLAB
- LEVEL SLAB

FOUNDATIONS

- PILES (70%)

LATERAL

- FLUEKRAL
- REINFORCE
- ELEVATIONS
- RECTIONS
- LINK BEAMS
- CONCRETE
- LEVEL 22
- LEVEL 21
- LEVEL 6-20
- LEVEL 5
- LEVEL 4
- LEVEL 3
- LEVEL 2

PROJECT SETUP

GENERAL NOTES

PLAN NOTES

TO DO:

LATERAL

- FLUEKRAL
- REINFORCE
- ELEVATIONS
- RECTIONS
- LINK BEAMS
- CONCRETE
- LEVEL 22
- LEVEL 21
- LEVEL 6-20
- LEVEL 5
- LEVEL 4
- LEVEL 3
- LEVEL 2

FOUNDATIONS

- PILES
- MAT FOUNDATION
- RESIDENT TALL
- ELEVATOR AND MEP RTE

IN PROGRESS:

LATERAL

- FLUEKRAL
- REINFORCE
- ELEVATIONS
- RECTIONS
- LINK BEAMS
- CONCRETE
- LEVEL 22
- LEVEL 21
- LEVEL 6-20
- LEVEL 5
- LEVEL 4
- LEVEL 3
- LEVEL 2

PROJECT SETUP

GENERAL NOTES (NON NEED TO REFL. BEING INFO)

PLAN NOTES

TO DO:

LATERAL

- FLUEKRAL
- REINFORCE
- ELEVATIONS
- RECTIONS
- LINK BEAMS
- CONCRETE
- LEVEL 22
- LEVEL 21
- LEVEL 6-20
- LEVEL 5
- LEVEL 4
- LEVEL 3
- LEVEL 2

FOUNDATIONS

- PILES (70%)
- MAT FOUNDATION
- RESIDENT TALL
- ELEVATOR AND MEP RTE

August 2026

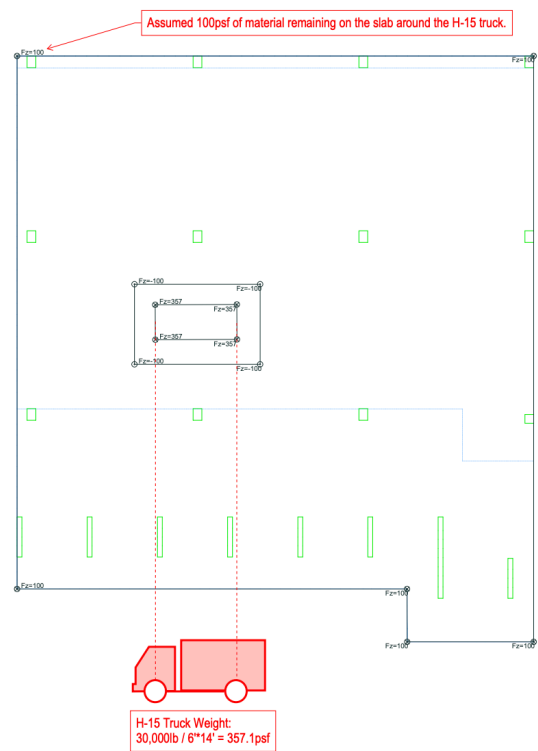
October 2026

September 2026

November 2026

Annexe IV.4.1 - Exemples de livrable où la prestation est une transcription traduite des résultats bruts pour une expertise de l'existant.

Case 3 : Truck between gridlines QQa & TTa, on 67a



EXISTING COLUMN CHECK : 15'x24" column at Lines QQa - 64

Truck centered on the column

