Bâtiment Durable de Forte Densité
Guide de Conception



Énoncé Théorique du Projet de Master
École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Directeur Pédagogique Roberto Gargiani
Maître EPFL Andreas Schueler
Janvier 2019

Bâtiment Durable de Forte Densité
Guide de Conception

Maël Scartezzini

Table des matières

Introduction **8**
Problématique 8
Méthodologie 10

L'intégration de la Tour **12**
Les Limites du Système 12
Adaptation au Contexte 16
Les Catégories d'Ouvrages 20
Le Choix du Site 22

Les Volumes de la Tour **26**
Les Espaces Souterrains 26
La Compacité des Volumes 30
L'Épaisseur des Volumes 36
Taille des Volumes 40

Les Matériaux de la Tour **46**
Le Verre 46
Le Béton 56
L'Acier 62
Le Bois 70

Les Parties de la Tour **78**
L'Atrium 78
La Façade 82
La Structure 84
Le Contreventement 90

Table des matières

Les Dispositifs de Distributions **98**
- Les Dispositifs de Circulations 98
- Les Dispositifs de Distributions d'Eau 104
- Les Dispositifs Thermiques 106
- Les Dispositifs Anti-Incendie 108
- Le Dispositifs de Ventilation 114

L'Économie de la Tour **116**
- Le Cycle Economique de la Tour 116
- L'Économie des Matériaux 118
- L'Economie de la Structure 120

Le Programme de la Tour **122**
- L'Habitant 122
- Le Programme 124

Conclusion **128**

Bibliographie **132**

Références **136**

Epilogue **138**

Introduction

Problématique

Pourquoi le choix d'une architecture verticale? Il est possible d'expliquer cette étude par une vision pragmatique du système cadastral suisse qui, dans une forme généralisée, dessine le territoire actuel et comprime les nouvelles constructions. Le choix d'une telle stratégie a pour objectif de favoriser la conservation des espaces verts et des sols agricoles actuels, et ainsi limiter l'impact au sol des nouvelles constructions. Les limites foncières étant le dernier rempart à l'expansion de l'immobilier urbain : quelles sont les formes qui en découlent et comment doivent interagir les bâtiments face aux différentes contraintes qui en dessinent les limites ?

De nombreuses villes autour du globe ont tenté, par expérimentation à large échelle, de résoudre les problèmes de densité. Il n'est pas surprenant de souligner que les différentes stratégies utilisées n'ont pas été négligeables en matière d'impact sur l'environnement, tant en matière de dilatation du tissu urbain, que dans la projection d'une verticaité parfois démesuré de certains bâtiments. Quelles ont été les différentes méthodes de conception qui ont pu être appliquées, et parallèlement quelle est la réponse à la conception future d'une construction verticale ? La densification, nous paraît être le premier choix pour faire face à la dilatation du tissu urbain suisse en pleine expansion.

L'énoncé théorique se présente donc comme la description des règles de conception verticale, qui dessinèrent les bâtiments du passé, en regard de la conceptualisation d'un édifice qui projette les nécessités du futur. Quel est donc le résultat intermédiaire qui en résulte et comment combler les règles de conception moderne d'un édifice contemporain ?

1933



2018



Notes

Les deux ortho-photos suivantes représentent la forêt de Sauvabelin et l'évolution du bâti dans la région de Lausanne. La photo de gauche prise en juillet 1933 et la photo de droite prise en 2018. On y voit une densification de la constructions des bâtiments neufs autour du bois de plus en plus forte, contractant ainsi la surface forestière à la limite de ses retranchements. Comment contrer cet effet de dilatation urbain sur le territoire?

Introduction

Méthodologie

Le réalisation finale d'un bâtiment ne reflète pas forcément ses influences environnementales et les contraintes qui s'imposent. Entre vérité des matériaux et concepts écologiques, cet énoncé tentera de prospecter partiellement les combinaisons constructives optimales de la construction durable de forte densité.

La contrainte de l'exposé étant définie par les différents critères d'influence- comme l'intégration au site, le choix des matériaux, les différentes parties propres à la tour ou encore les différents dispositifs de distribution. La méthodologie de l'énoncé discutera de l'ordre d'application des différents principes de composition.

Au travers de différents projets utopique ou réel élaborés par les architectes du XX siécle comme ceux de Mies Van der Rohe, ou Hugh Ferris, que pouvons nous reprojetter ou redessiner pour l'avenir?

Dans la recherche de l'inspiration des formes du passé, l'énoncé mettra en corrélation les points de vue moderne et pragmatique des différents horizons de projection SIA définis jusqu'en 2040 et l'inventaire de certains projets datant du siècle précédent.

Un intervalle d'un siècle, partiellement analysé afin des répondre aux besoins d'une société future et identifier ainsi les principes fondateurs d'une construction contemporaine durable et réaliste. Ce guide a pour objectif de souligner les différents points importants qui entrent en considération dans la planification d'une construction durable, et aide ainsi à la bonne réalisation d'un projet de construction de haute densité en Suisse.





Notes

Portraits de Hugh Ferris à gauche et Mies Van Der Rohe à droite, dont le travaux seront partiellment épurés durant cet énoncé.

L'intégration de la Tour

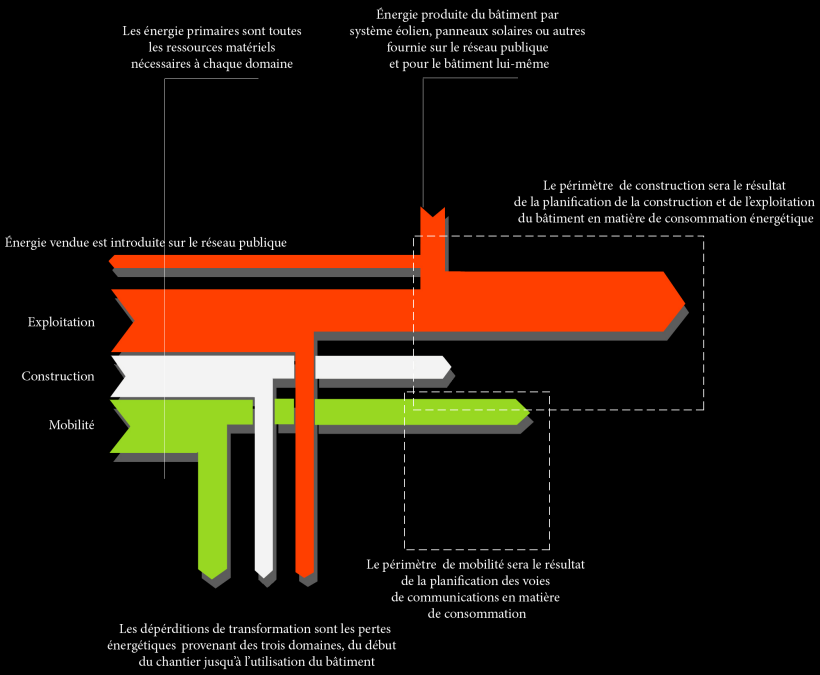
Les Limites du Système

Pour commencer, et dans l'objectif d'un projet durable, il est important de définir préalablement la limite du système considéré pour analyser la consommation en énergie grise d'un bâtiment (cf. page 13). D'un point de vue moderne, c'est le bilan énergétique global qui définit l'efficacité du bâtiment, et son attrait potentiel pour le marché, tant pour des critères économiques que pour des critères de durabilité. En effet, pour atteindre une valeur quantifiable d'énergie primaire non renouvelable et d'émission de gaz à effet de serre, la Société des Ingénieurs et Architectes (SIA) définit une valeur cible équivalent à 2000 Watts par habitant et de 1 tonne de CO2 par habitant pendant une année.

En additionnant les consommations énergétiques au sein d'un système limité à trois domaines : la construction de l'édifice, son exploitation, ainsi que la mobilité, il est possible de rationaliser ces consommations en gardant en tête qu'une compensation entre ces trois termes est envisageable.

Les deux valeurs-cible sont des objectifs quantitatifs pour la conception du nouveau bâtiment, ils sont donc représentatifs d'une bonne planification dans la perspective d'un bâtiment écologique et vérifiable sur le terrain une fois le bâtiment terminé.

Cela permet de définir les limites d'un système imaginable et quantifiable, dont les valeurs peuvent être influencées durant la conception du bâtiment afin de garantir son efficience sur le long terme. Les énergies consommées comprennent l'ensemble des ressources nécessaires à la fabrication physique des éléments et des systèmes de l'édifice. Elles englobent l'ensemble des trois domaines évoqués et se trouvent être le principal facteur de consommation de bâtiments modernes. Une utilisation de matériaux appropriés se doit donc d'être ajustée correctement.



Notes

Le diagramme de Sankey d'une situation type comprend les trois phases respectives, tirées du document D 0258 de la voie SIA vers l'efficacité énergétique. Le schéma permet une hiérarchisation des différentes étapes d'élaborations du projet. Il est important de définir préalablement les différentes étapes du projet dans le temps. Le bâtiment doit être vue comme un objet organique se transformant au fur et à mesure des mois, des années. Déterminer la durée de vie d'un bâtiment devient une analyse primordiale dans la conception des édifices d'aujourd'hui.

L'intégration de la Tour

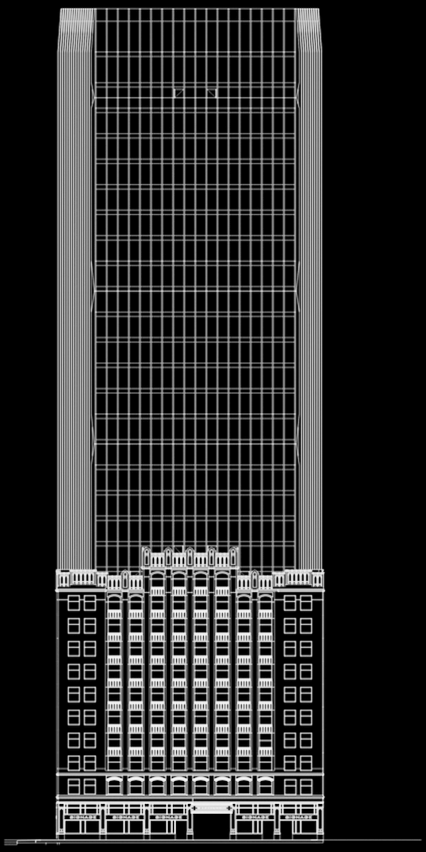
Dans la conception d'un plan ou d'une élévation, la première des phases à interpréter est la mobilité: elle apparaît lors de la connexion sur le réseau de transport existant des flux du bâtiment. Elle doit, dans une optique écologique répondre à plusieurs critères d'influence de durabilité, que nous analyserons ultérieurement.

En deuxième ordre vient la construction de l'édifice, aspect relativement brut du projet. L'ensemble des choix effectué durant l'élaboration de la construction aura un impact non négligeable sur l'exploitation du bâtiment, ainsi que sur son environnement à long terme. La phase de construction sera donc la phase la plus étudiée dans cet énoncé.

En troisième phase, l'exploitation est le résultat des deux autres et de leurs optimisations. Elle représente la phase la plus énergivore et reflète le mode consommation de l'utilisateur. La quantité d'énergie utilisée durant l'exploitation peut être compensée par une production venant de l'intérieur du système lui-même. Différents modes de production d'énergie propres à la tour seront développés au cours de ce travail, chacun compensant ainsi l'apport d'énergie global nécessaire durant l'exploitation.

Une partie de cette énergie souvent électrique, ne pouvant être stockée durant un certain temps, elle sera directement injectée dans le réseau public ; elle est décrite comme l'énergie exportée vers l'extérieur du système.

En conclusion, si le site comporte déjà certaines constructions le choix entre nouvelle construction et transformation de l'existant se justifiera par le rapport entre les surfaces utiles à disposition et les nouvelles surfaces nécessaires.



Notes

L'élévation de la tour «The Exchange» par Harry Gugger reflète le rapport entre les besoins en surfaces utiles nouvelles et les surfaces utiles anciennes à disposition. Image reprise du studio Harry Gugger, L'édifice «The Exchange» situé dans la ville de Toronto est ce qui pourrait être la nouvelle symbolique de construction moderne. Une superposition presque fantastique d'un édifice ancien surmonté par un bloc programmatique nouveau.

L'intégration de la Tour

Adaptation au Contexte

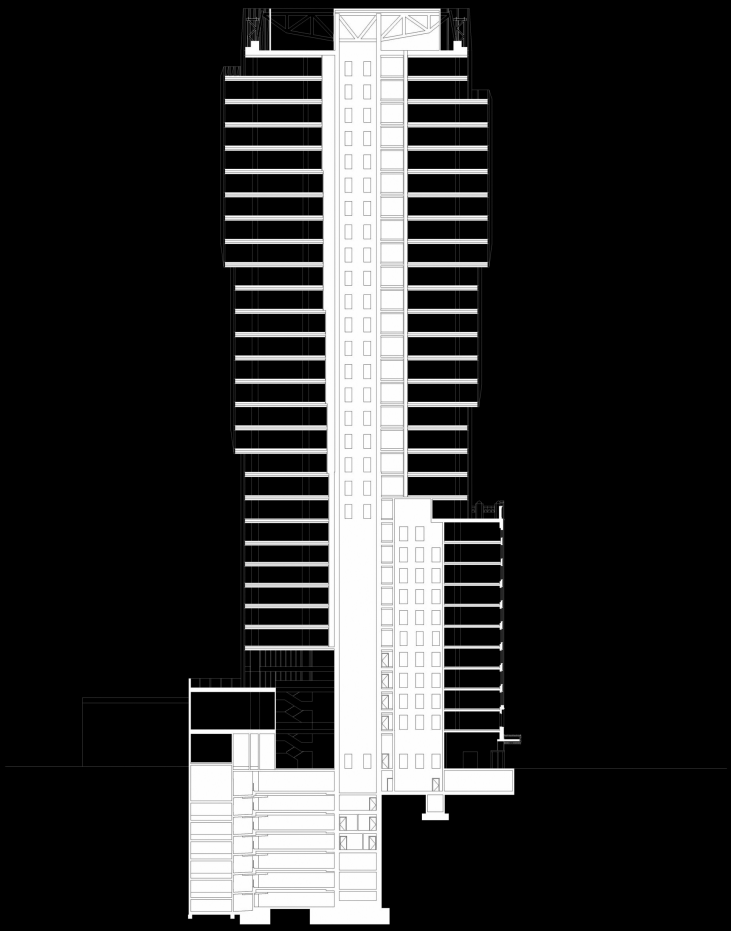
En vue d'un choix de site cohérent, une question primordiale se pose. Lorsque nous nous rapprochons du milieu bâti, l'option entre la transformation du bâti existant et une démolition engendrant la reconstruction à neuf se pose à nouveau.

Le complément et exemple, relatif au cahier technique SIA 2040 de la SIA ,souligne la phase dite de « construction ». Par comparaison à la phase d'exploitation et de mobilité, la phase de construction est dans la plupart des cas la plus énergivore dans une nouvelle construction. Il est important de préciser que ces critères s'appliquent à des bâtiments performants sur le plan énergétique (cf. figure consommation logements page 21).

La SIA souligne le fait que la question est spécifique à chaque projet. En revanche, les analyses globales montrent que les objectifs définis en matière d'efficacité énergétique peuvent être atteints plus facilement par une transformation, que par une démolition du bâtiment existant, et son remplacement par une construction neuve.

Le calcul se faisant à partir de la quantité d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre, dans le cas d'une transformation, où une grande part de la structure primaire existe déjà, elle ne vient pas alourdir le bilan dans ce domaine: c'est pourquoi la quantité d'énergie dans un nouvel édifice, lors de la construction, est plus élevée.

Toutefois le besoin en énergie de chauffage d'un bâtiment transformé est souvent supérieur à celui d'un ouvrage neuf. Il n'est pas possible d'installer, dans une structure existante, des installations techniques, comme la ventilation mécanique à double flux aussi efficaces que dans une nouvelle construction.



Notes

À travers la section de la tour «The Exchange» par Harry Gugger, il est possible de voir une partie souterraine en dehors de la surface de contacte de l'ancien bâtiment avec le sol. Une continuité du coeur structurelle superposé à la masse de l'ancien bâtiment «le Old Stock Exchange building» permet une économie générale de matière sur l'ensemble du projet. Le bureau Gugger démontre ici la possibilité de lier une nouvelle machine à un ancien support.

L'intégration de la Tour

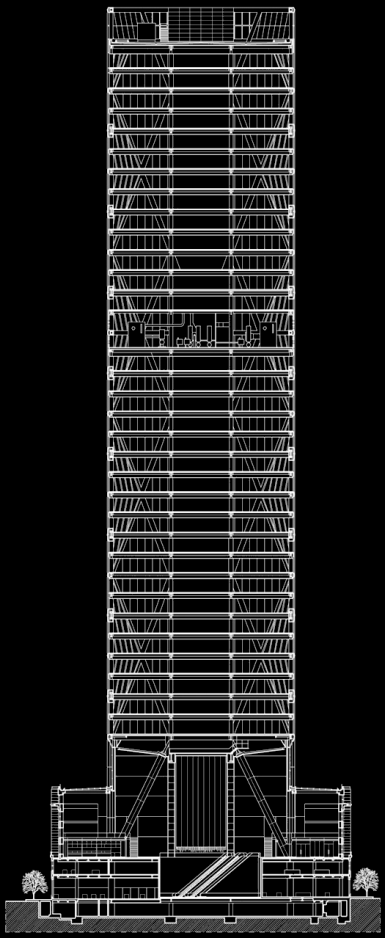
Il faut souligner le fait, que dans le cas d'une rénovation, les bâtiments consomment souvent plus d'énergie durant l'exploitation que dans les cas de constructions neuves. En effet, l'enveloppe d'un bâtiment ne peut pas être aussi bien isolée que dans le cas d'une nouvelle construction. Les ponts thermiques souvent situés à des emplacements sensibles, comme les soubassements ou les raccords de fenêtre, ne peuvent pas être éliminés par des mesures économiquement raisonnables.

C'est en particulier, le cas pour les éléments souterrains, qui consomment souvent trop d'énergie sans contribuer davantage à la surface de référence énergétique. Lors d'une rénovation, on évite de toucher les parties souterraines afin de ne pas avoir une contribution supplémentaire sur le bilan énergétique global. Les espaces souterrains anciens se doivent, toutefois d'être hermétiquement séparés de la nouvelle construction.

En conclusion, une construction neuve de remplacement ne vaut la peine que si l'on peut réduire considérablement les besoins en énergie de chauffage du bâtiment par rapport à celle estimée d'une transformation. La construction neuve sera préconisée dans les cas où aucune intervention ne peut être effectuée sur l'enveloppe existante ou si le facteur transmission énergétique de l'enveloppe existante est trop médiocre.

Il est aussi envisageable de réaliser une nouvelle construction si celle-ci présente un volume et des surfaces utiles sensiblement supérieurs, ou de plus grande compacité. Des arguments non liées à l'énérgie peuvent aussi influencer la décision entre une transformation et construction neuve.

En conclusion, cela nous donne une idée globale des consommations d'énergie présentes dans la construction et nous incite à optimiser les échanges énergétiques éventuels entre bâtiments lors de leur planification.



Notes

A l'opposé de «The Exchange,» l'exemple de la tour «Hearst Magazine Tower Headquarters» par Norman Foster résume une série de problématiques qu'il sera important de mettre en avant. Le système structurel de la tour ne cherche absolument pas une économie des matériaux par une adaptation de la structure porteuse sur l'ancien. Seule l'enveloppe non porteuse extérieure est adaptée et ne reflètent pas le critère énergétiquement fort du bâtiment. La coupe de la tour nous montre la machine structurelle totalement indépendante de l'enveloppe de l'ancien bâtiment.

L'intégration de la Tour

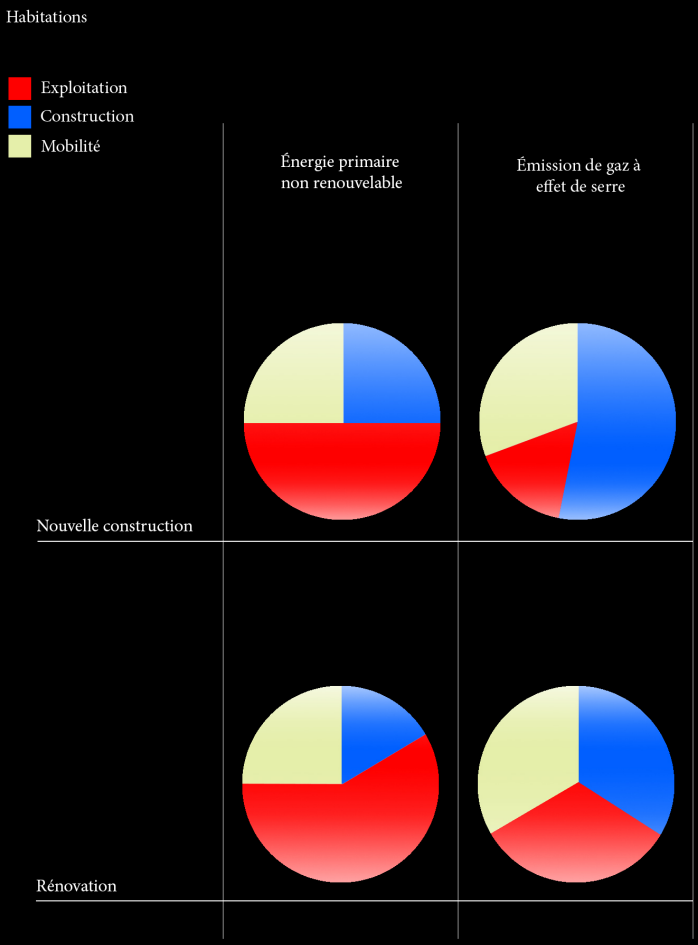
Les Catégories d'Ouvrages

Il existe trois différentes catégories d'ouvrages classées selon l'importance de leurs flux, de leurs fonctions et de leurs impact environnemental. Nous nous attarderons seulement sur la classe COI, définie comme la classe mineure des catégories d'ouvrages, comportant le logement et le commerce de proximité.

Dans la catégorie d'ouvrage d'habitation, les parts respectives de l'énergie primaire et des émissions de gaz à effet de serre dans les trois domaines considérés peuvent varier. Dans le cas d'un nouvel édifice, le domaine construction consomme près d'un quart de l'énergie primaire, alors qu'il est responsable de plus de la moitié des émissions de gaz à effet de serre.
Dans le cas d'une transformation ou d'une rénovation, on observe une consommation marquée durant l'exploitation. Celle-ci reflète le nombre d'utilisateurs de l'édifice, il est donc possible de déduire qu'un bâtiment, qui abritera un grand nombre de nouveaux utilisateurs, sera orienté vers une nouvelle construction, plutôt qu'une rénovation, afin de limiter l'impact durant l'exploitation.

À l'inverse, si le nombre d'utilisateurs prévu durant l'exploitation est quantitativement faible, une rénovation sera préconisée pour limiter l'impact environnemental du bâtiment durant la construction, principalement lié aux émissions de CO^2. Un nouveau bâtiment, contrairement à la rénovation nécessite plus d'énergie globale durant la construction.

Le surplus de consommation d'une transformation durant l'exploitation est principalement lié au fait que les performances énergétiques sont généralement inférieures à celle d'une construction neuve. La difficulté de mise en œuvre de techniques nouvelles sur l'ancien, où la préservation du caractère architectural ou historique du bâtiment, les coûts associés aux interventions, sont autant de raisons d'une consommation accrue durant l'exploitation.



Notes

Ces diagrammes provenant de la documentation D 0258 de la voie SIA vers l'efficacité énergétique, complément et exemple relatifs au cahier technique, résume quantitativement les différents parts d'énergie globales utilisées respectivement durant chaque étape. L'énergie primaire non renouvelable, la matérialité même du projet ainsi que la consommation en CO^2, représentatif des différents outils utilisés durant l'intervalle de temps de l'élaboration du bâtiment.

L'intégration de la Tour

Le Choix du Site

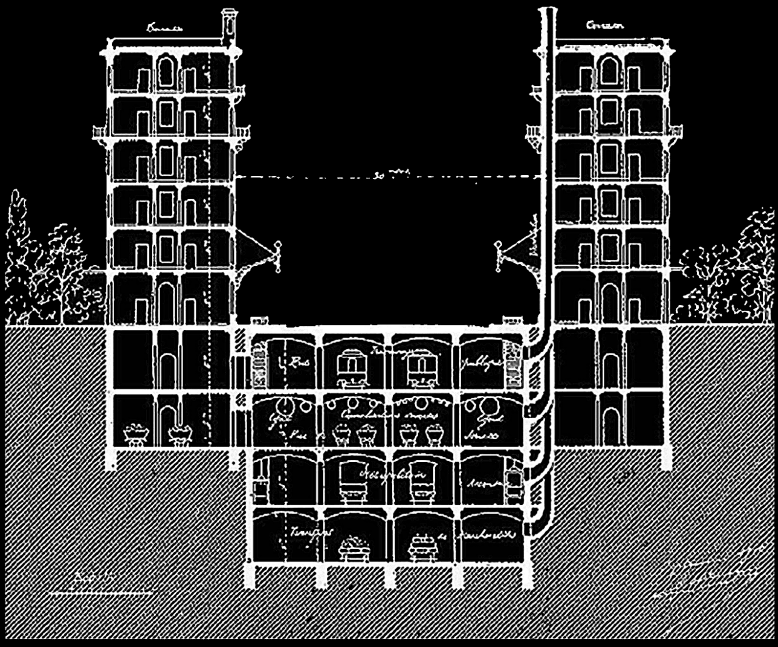
Pour obtenir les informations nécessaires à la réalisation d'un projet écologique contemporain, nous nous aiderons des différentes projections fournies par la Société des Ingénieurs et Architectes dans les horizons SIA 2039 et 2040. Le premier argument, défini dans le choix du site, se décrit comme une planification valorisant le projet en terme de mobilité.

Un bâtiment construit dans un centre ville profitera d'une bonne desserte venant des transports publics, de commerces de proximité et d'un règlement de stationnement autorisant un nombre de places de parcages inférieur à celui en vigueur pour des sites moins bien desservis.

Il est important de souligner qu'un site défavorable sur le plan de la mobilité engendrera un surcroit de dépense énergétique et d'émission de gaz à effet de serre. Il est important de préciser que la densité de construction autorisée est en général plus faible sur des sites éloignés des centres urbain, en gardant à l'esprit que les faibles volumes bâtis ne constituent pas forcement une option favorable en matière de dépense énergétique comme nous le verrons plus loin dans cet énoncé.

Plusieurs critères d'influence déterminent le choix du site, notamment influencé par des critères de mobilité. Encourager la construction sur des sites bien desservis par les transports publics, en profitant de maximiser l'ancien réseau, et si nécessaire développer de nouveaux transports publics avec une mobilité mixte (mobilité douce et transports publics), est primordial.

Dans un deuxième temps, amplifier au maximum les infrastructures piétonnes et les pistes cyclables, puis favoriser des technologies de véhicules efficaces, comme la voiture électrique. Pour enfin revoir les règlements de stationnement, afin de minimiser son impact volumétrique ou surfacique, autour ou dans le bâtiment.



Notes

Au début du XX siècle, Eugène Alfred Hénard nous proposa dans sa coupe «Schéma d'une voie de grande circulation à étages multiple», la présence d'un système souterrain essentiellement sur rail. La solution d'un tel système induit de nombreux avantages comme des nuisances sonores réduites. Laissant libre cours à l'utilisation de circulation individuelle comme la voiture et la circulation piétonne en surface, Eugène Alfred Hénard nous donne un bétonnage de la circulation qui ressemble étrangement à aujourd'hui.

L'intégration de la Tour

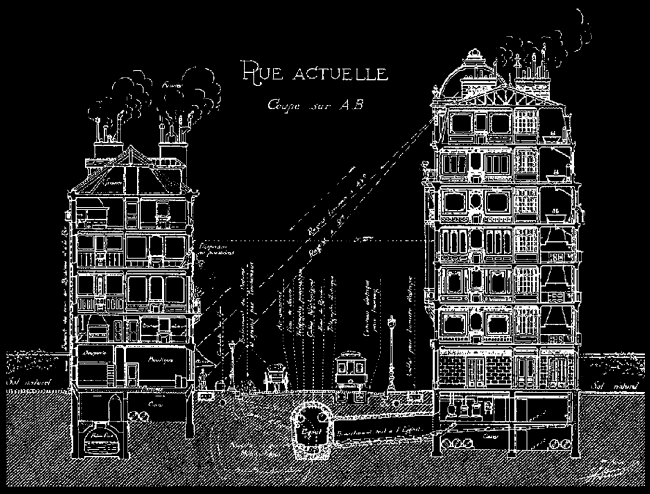
Tels sont les facteurs d'influence des conditions cadres du cahier technique SIA 2040, ayant pour but de minimiser les besoins énérgétiques et de maximiser le rendement et l'efficacité par un bon choix du site au niveau de la mobilité.

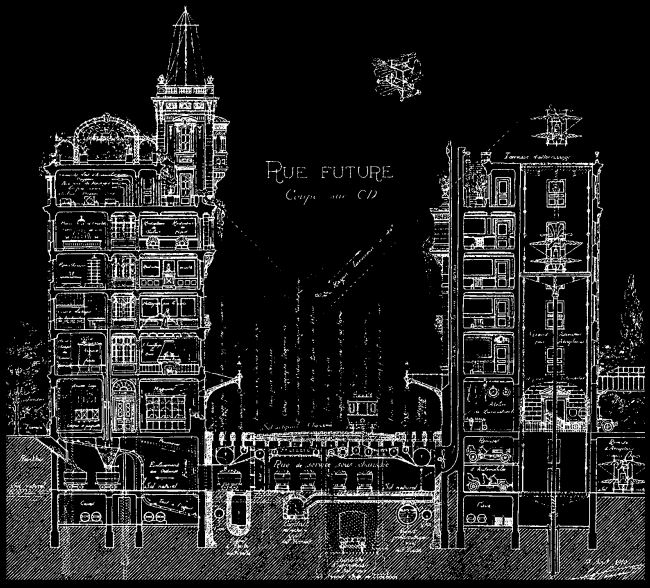
Dans une certaine mesure, le choix du site doit avoir un impact sur les moyens de mobilité quotidiens de l'utilisateur. Une implantation bien desservie favorise le potentiel du site, le tout devant avoir une influence attrayante pour les piétons et les cyclistes en terme de transport et d'approvisionnement. La mobilité reflète ainsi le mode de vie du consommateur et résonne avec son architecture.

La SIA tient compte d'un mode de consommation suisse moyen. La question est à quel dégré devons nous prendre en considération ce quotidien et comment l'intégrer proprement dans le projet de conception?

Devons nous mettre en avant l'accès aux transports plublics grâce à un amménagment architectural, un espace vide par exemple, qui dessert chacun des points cardinaux du bâtiment, et relie dans la distance la plus courte les accès aux transports publics, le tout entirèment arpentable à pied ou en vélo? Le défi principal est de convaincre l'utilisateur de faire appel à des moyens de déplacement non polluants pour la plupart de ses parcours.

Dans le domaine de la construction, plusieurs critères entrent dans les facteurs d'influence des besoins en énergie. On encourage une exploitation maximum de l'indice d'utilisation du sol, afin de densifier le milieu bâti, et ainsi minimiser au maximum les distances de transport durant la construction et l'impact au sol de nouvelles constructions.





Notes

Durant une conférence sur la «Ville future» ayant eu lieu à Londre en 1910, Eugène Alfred Hénard, dans une deuxième version de la rue future, nous offra une dimension bien plus fournie en informations que l'esquisse précédente. Ses rues comprenaient des conduites de gaz, d'électricité, d'air comprimé, d'eau potable, des tubes pneumatiques pour les courriers, des lignes téléphoniques. L'arsenal d'un quotidien qui transposait le mode de vie dispendieux de l'utilisateur «moderne» dans la vision des architectes des années 1910.

Les Volumes de la Tour

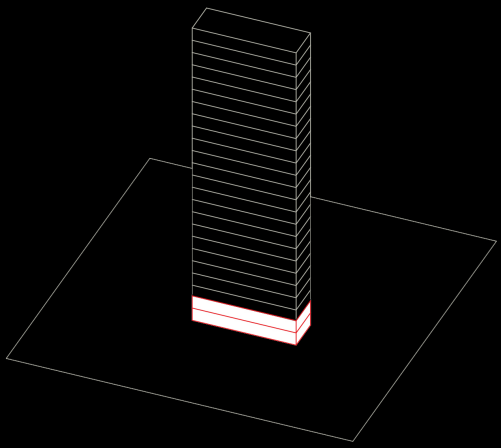
Les Espaces Souterrains

Les espaces souterrains peuvent grandement influencer la dépense énergétique. D'après la SIA, les éléments de construction souterrains sont gourmant en ressources et en matériaux; les éléments porteurs comme les radiers, les fondations, les murs extérieurs ou les dalles de couvertures souterraines doivent être réalisés en béton armé et d'importantes mesures d'étanchéité contre terre sont nécessaires. La réalisation d'un parking souterrain exige souvent un changement de structure porteuse en raison de ses portées spécifiques, ce qui contribue à augmenter les besoins en énergie grise du bâtiment.

Les locaux en sous-sol sont rarement chauffés, mais il n'est pas possible de négliger leur besoin en ressources, comme l'énergie d'exploitation utilisée lors de l'éclairage ou de la ventilation. Il est possible d'illustrer l'influence de la disposition des parties souterraines du bâtiment par un schéma synthétique.

Les deux bâtiments ayant la même surface de plancher et la même surface de référence énergétique, la surface de référence énergétique se définissant comme la surface de plancher mesuré à l'intérieur des murs en rajoutant 10% de la surface totale, cette surface représente l'ensemble des surfaces intérieures du bâtiment que l'on chauffe en incluant les épaisseurs des murs.

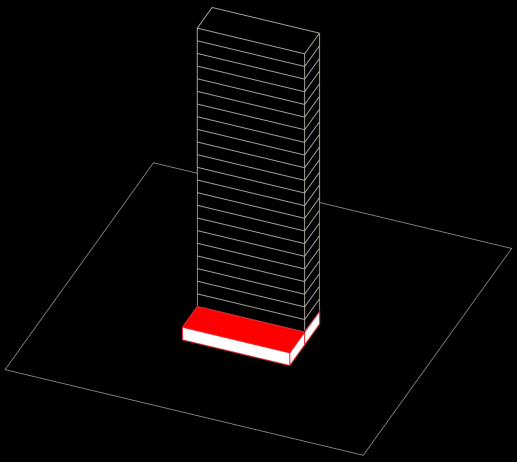
Les parties souterraines sont identiques vue de l'extérieur, mais la disposition varie dans l'un et dans l'autre des cas. Dans le premier, les espaces souterrains nécessitent deux niveaux superposés, alors que dans le deuxième, le sous-sol s'étend seulement sur un seul niveau et dépasse ainsi la limite du bâtiment.



Notes

Première situation

Dans la première situation les sous sols sont représenté par la partie blanche en bas de l'édifice. Plusieurs étages se superposent dans un alignement parfait et génèrent ainsi une compacité améliorée du bâtiment. Le surface de radier en contacte directe avec le sol est diminuée. Cette disposition radicale est la représentation la plus optimale qu'il est possible de faire des sous-sol pour minimiser les échanges de chaleurs avec l'extérieur.



Notes

Deuxième situation

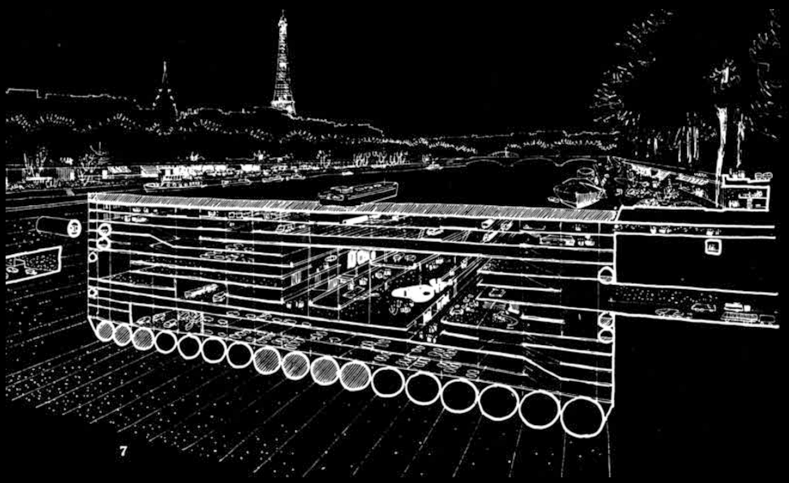
Dans la deuxième situation les deux séries d'étages en sous-sol ne sont pas superposées mais positionné côte à côte. La surface rouge supplémentaire est signalée. Elle augmentera la surface de radier et par cet effet une augmentation des ressources nécessaire au bâtiment. Un changement de structure est aussi à envisager comme il ne s'agit plus de la même charge sur la moitié du sous-sol.

Les Volumes de la Tour

D'un point de vue de la compacité du bâtiment, se calculant comme le rapport de la surface d'enveloppe en contact avec le climat extérieur et contre terre par la surface de plancher utile, on peut constater que dans le deuxième cas, lorsque le sous-sol se situe sur un seul niveau et dépasse les limites du bâtiment, l'indice de compacité tend à augmenter. Des pertes énergétiques sont donc évitables dans une disposition des sous-sols compacte et alignée avec la limite verticale du bâtiment, mais nécessite un niveau supplémentaire.

Un décalage dans la disposition souterraine des sous-sols, comme dans le second cas, entraine également un changement de système porteur et nécessite la réalisation de fondations et de dalles de couverture souterraine coûteuses (cf. figure page 27).

Mais lorsque que celui-ci est placé dans les limites de la surface utile du bâtiment, la plupart de ces facteurs sont réduits et une meilleure compacité est obtenue. Dans tout les cas les surfaces souterraines doivent être optimisées et réduite autant que possible dans la mesure où elles induisent des besoins importants en énérgies grise lors de la construction.



Notes

Dans une vision plus décalée de l'espace souterrain, Paul Maymont envisage sous la Seine un aménagement stratifié, rassemblant principalement des voies de circulation, des parkings et des bureaux mais aussi des espaces publics. Les quais deviendraient ainsi piétonniées, et seraient le cœur de la capitale. Une vision esthétiquement séduisante mais ayant de lourdes conséquences environnementales. Quoiqu'il en soit Paul Maymont nous donne une vision extrême des sous-sols de Paris et d'un l'aménagement souterrain.

Les Volumes de la Tour

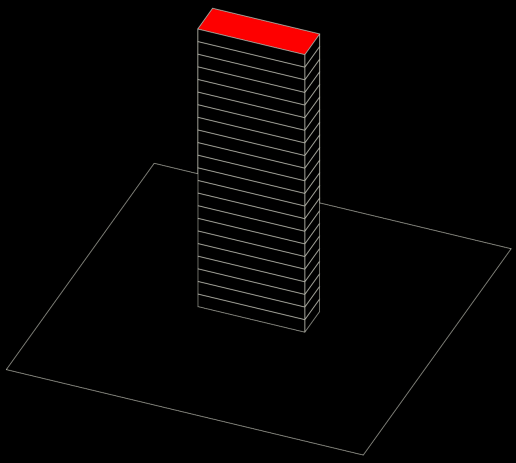
La Compacité des Volumes

Sans omettre la taille, la compacité des volumes est un facteur d'influence à ne pas négliger: pour rappel, l'indice de compacité est donné par le rapport entre les surfaces de l'enveloppe extérieure et la surface utile de plancher. L'indice de compacité influence la qualité du bâtiment en matière d'énergie consommée, notamment dans une perspective à long terme, plus précisément sur les pertes énergétiques transmises par la surface d'enveloppe.

Il est possible de représenter deux situations : dans la première, une compacité optimale avec une superposition de différents niveaux contenus dans le même plan, suivi de la deuxième situation où le bâtiment subit des retraits et des décalages entre chacun de ces niveaux d'une distance approximative de 3 mètres. Dans la deuxième situation, on remarque une augmentation de la surface de contact avec l'air extérieur, soit une augmentation de 33% par rapport au premier cas. L'augmentation de la surface de l'enveloppe totale du bâtiment tend à accroître la valeur de l'indice de compacité et donc de la consommation globale du bâtiment en énergie.

Une valeur supérieure de l'indice dans la deuxième disposition induit une plus grande transmission et perte énergétique par l'enveloppe, sachant que la surface de plancher utile reste dans les deux cas identique.

Des éléments constructifs comme des pare-soleils, des balcons, des voies de distribution extérieures non chauffées sont envisageables. La surface délimitant la compacité doit être vue comme la limite de l'enveloppe thermique définit par la couche d'isolation.

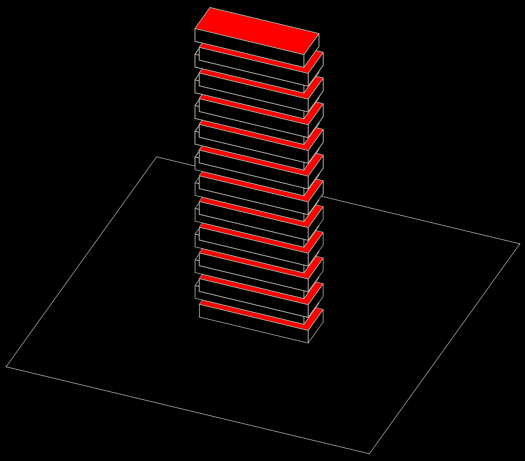


Notes

Première situation

Dans le premier cas l'extrusion est simple, le système ne possède pas de redent. Dans la stratégie du projet, ce type de paramètre peut être définit comme une base de premier ordre qui tend à aligner le système sous les contraintes du site.

La compacité doit agir comme une tension permanante lorsque elle est envisageable, mais ne définit en aucun cas le résultat final de la forme. La forme parallélépipédique choisie pour l'exemple est la forme la plus simple pour débuter.



Notes

Deuxième situation

Dans la deuxième situation les surface supplémentaires signalées en rouge sur l'axonométrie soulignent la perte énergétique supplémentaire du bâtiment. Dans un décalage de 3m de redent pour un arrangement solaire ou purement esthétique, le décalage tend à augmenter la surface de contact avec l'air extérieur de 1/3. Donc une perte non négligeable sur le bilan énergétique global du bâtiment.

Les Volumes de la Tour

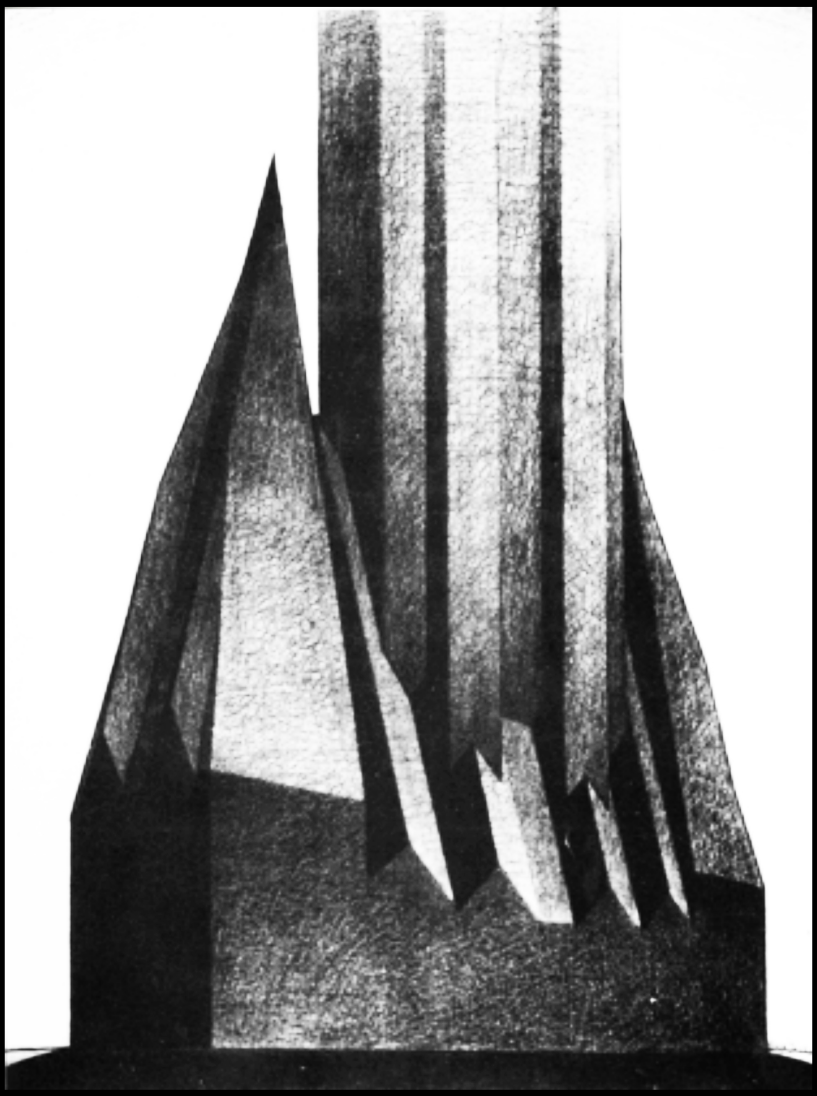
Quel gabarit est-il possible d'envisager, dans une autre mesure? La Zoning Law de 1916 conçue par les élites new-yorkais comme règlement de compacité, stimula l'imaginaire des architectes. Il s'agissait de répondre aux critiques adressées au gratte-ciel comme fauteur de trouble urbanistique. On leur reprochait d'être en contradiction avec la ville et le tissu urbain.

Surtout, on dénonçait le fait que la construction en hauteur assombrissait les rues en transformant en canyons obscurs les ruelles de la ville. Pour permettre aux rayons solaire de pénétrer jusqu'au fond des ces couloirs sombres, le règlement de 1916 impose des retraits aux édifices en hauteur. L'aspect pyramidal des gratte-ciels des années 1920 est donc directement la conséquence de ce règlement municipal new-yorkais.

Les articles de cette loi faisaient essentiellement référence à la hauteur et au volume des immeubles : son objectif premier était la sécurité publique. En limitant la masse des immeubles, on réduisait le nombre de leurs occupants et le flux des allées et venues ; on allégeait aussi la circulation dans les rues adjacentes.

Cette limitation, définie par des critères de compacité, avait l'avantage de donner plus d'air et de lumière dans les rues et dans les immeubles eux mêmes. L'ensemble des règlements visait à assurer au public davantage de sécurité, de commodité, d'efficacité et de bien-être.

Hugh Ferriss dessina une série de perspectives au fusain représentant le développement chronologique des volumes sous l'impact des différents critères de la «Zoning Law» de 1916, en commençant par le gabarit principal placé sous l'influence des critères de compacité dans son rapport à la rue.



Notes

Une esquisse au fusain par Hugh Ferris du premier gabarit issu de la Zoning Law de 1916 paru dans la série de dessin de la deuxième partie de The Metropolis of Tomorrow, nommée «Tendances prévues», dresse l'exemple relatif au choix d'un ensoleillement des zone voisines et à une croissance illimitée du bâtiment dans sa hauteur. Le rapport entre la rue et le bâtiment se faisant dans une relation orthogonale afin d'en assurer commodité et fonctionnalité dans un rapport de façade simple avec le piéton.

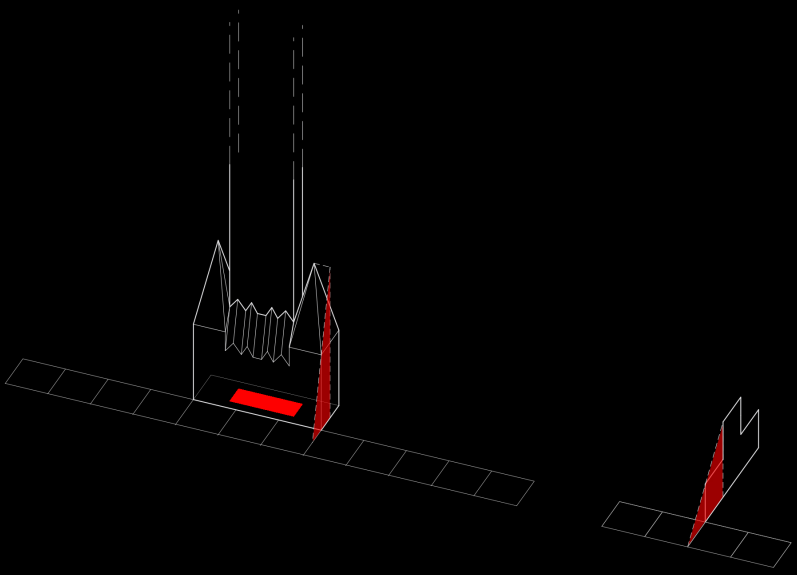
Les Volumes de la Tour

L'esquisse ci-contre (cf. Page 35) est une simple représentation du volume maximal autorisé par la loi pour un seul « bloc » urbain, les dimensions d'un bloc étant approximativement de soixante-dix mètres par deux cent mètres. Le bâtiment ne peut s'élever verticalement sur tout le périmètre du terrain que jusqu'à à la hauteur autorisée (dans ce cas deux fois la largeur des rues adjacentes). Ceci nous donne un ordre de proportion datant des Zoning Law de 1916, le rapport entre le bâtiment et la rue nécessitant un vide compensatoire.

Au-dessus, les parois verticales s'infléchissent selon des angles règlementaires. Une tour peut s'élever sans limites de hauteur pour autant que sa base n'occupe pas plus du quart de la surface totale du terrain. Il faut comprendre que le volume premièrement déterminé définit la limite dans laquelle l'architecte peut travailler, comme un matériau brut qu'il doit sculpter.

Dans des contextes denses, il est nécessaire de limiter le volume des bâtiments pour assurer un accès au jour à chaque bâtiment. Une enveloppe de lumière du jour est le volume maximal qui peut être construit sur un site donné tout en protégeant l'accès à la lumière naturelle des bâtiments ou sites voisins.

Dans le cas de Hugh Ferris, la hauteur de façade est directement en contact avec la rue et ne se limitant pas un rapport de 1:1 pour créer l'enveloppe, il est permis de rajouter un angle plus aigu à partir de la hauteur maximale autorisée, donnant ainsi une allure plus critique à la pente que pour une situation conventionnelle.



Notes

La figure de gauche est la première étape de Hugh Ferris dans la réalisation d'un gabarit, l'angle de réglementation des pentes, souligné en rouge, se définit par les hauteurs réglementaires et besoins en lumière des bâtiments ou de l'environnement voisin. Alors que le 1/4 de la surface, signalé aussi en rouge, peut s'éléver sans limite de hauteur. La hauteur orthogonale se définit comme deux fois la hauteur de la rue. La figure de droite représente une situation classique où le terrasement, souligné en rouge, est définit par un angle de 45 dégrés avec la rue, dans une hauteur équivalente à la largeur de celle-ci.

Les Volumes de la Tour

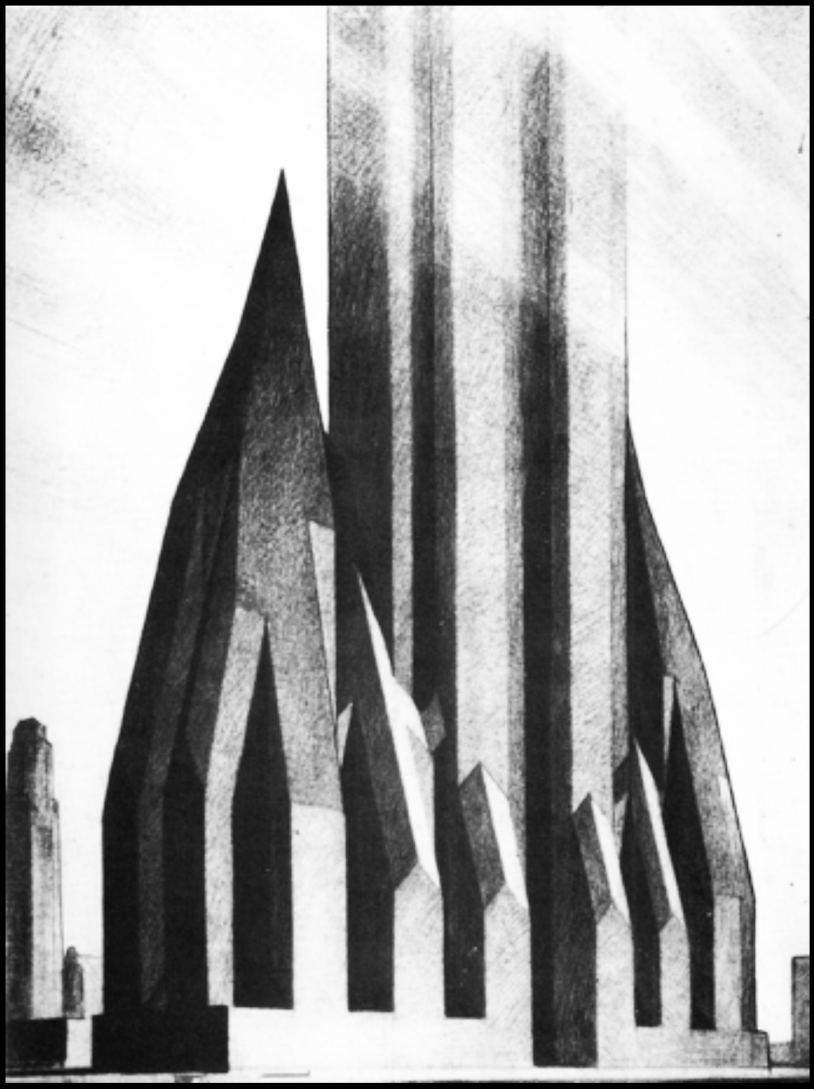
L'Épaisseur des Volumes

La deuxième étape de conception, esquissée par Hugh Ferris dans la même série de dessin, est la pénétration de la lumière du jour. Le travail de l'architecte consiste à tailler dans la masse pour y faire entrer la lumière naturelle. Le processus sculptural doit se faire en gardant en tête que l'architecte n'est pas encore en mesure de prévoir la forme définitive. Au vue de la masse originale, il est évident qu'elle comporte de grands volumes intérieurs inaccessibles à la lumière. Il faut donc enlever une partie de la masse, de manière à créer des « puits de lumière » destinés à faire pénètre le jour : c'est ainsi qu'aboutit la forme réduite illustrée ci-contre.

Un processus de conception, dont il faut souligner l'influence sur l'indice de compacité du bâtiment qui augmente, plus on sectionne la masse pour y faire pénétrer la lumière. Il est donc déconseillé, d'un point de vue énergétique contemporain, de canneler l'enveloppe si la couche d'isolation thermique suit cette géométrie. (Ce procédé rajoute des surfaces de contact avec l'extérieur et, dans la perspective d'un projet rationnel et écologique, augmente la consommation énergétique du bâtiment lors de son exploitation.)

L'architecte accepte simplement une certaine masse, qui lui a été remise entre les mains, qu'il va modifier étape par étape. Il est prêt à envisager cette progression en toute impartialité et à s'en tenir au résultat final, quel qu'il soit. Quelle est l'épaisseur que doit adopter le plan d'un bâtiment pour optimiser ses performances en éclairage naturel d'un point de vue scientifique?

Le point à considérer est l'impression visuelle ou la perception de l'espace d'un point de vue de l'œil humain, dépendant du facteur de lumière du jour (FLJ). Le facteur de lumière du jour (le flux de lumière intérieure divisé par le flux de lumière extérieure) doit avoir avec une valeur supérieure à 4% pour une perception minimale claire à peu éclairé et pour une perception de zone visuelle séparée (cf. page 39).



Notes

La deuxième esquisse de Hugh Ferris illustrée dans The Metropolis of Tomorrow. La masse se découpe afin de laisser pénétrer la lumière. Les parties verticales du centre extrudé présente aussi sur la première esquisse en façade, sont en vérité des ascenseurs arbitrairement positionnés.

Une prédominance verticale vient ainsi marquer l'aspect général du bâtiment dans sa masse à des fins pratiques en conséquence de l'épaisseur du bloc.

Les Volumes de la Tour

Le facteur de lumière du jour moyen doit être compris entre 4% et 7%, l'idéal lumineux se trouvant entre 7% et 12%. Au dessus de 12%, on se trouve dans une zone trop éclairée, des risques d'éblouissement peuvent survenir. Le tout, dans la perspective d'amplifier la lumière naturelle, est de gérer la profondeur des pièces.

Il est important de préciser que les besoins en éclairement lumineux intérieur sont spécifiques aux programmes et aux fonctions qui définissent l'espace architectural, il est donc dépendant du projet lui même. Mais il est possible d'extraire certains chiffres du rapport sur l'éclairage intérieur de « Suisse Energie » datant de janvier 2013, qui dresse un comparatif de différents types d'éclairement, les plus importants à retenir étant l'éclairage de bureaux à 500 Lux, l'éclairage de salon à 100 Lux ou l'éclairage public à 20 Lux pour nous donner une idée générale des besoins.

Quant est-il de l'épaisseur du bâtiment définie par la lumière naturelle? En fonction du facteur de lumière du jour, il est possible de dessiner une zone de perception en fonction de la distance de pénétration de la lumière naturelle dans le bâtiment. Le minimum de 2% en FLJ, se trouve approximativement à une distance égale à deux fois la hauteur de l'ouverture par laquelle entre la lumière.

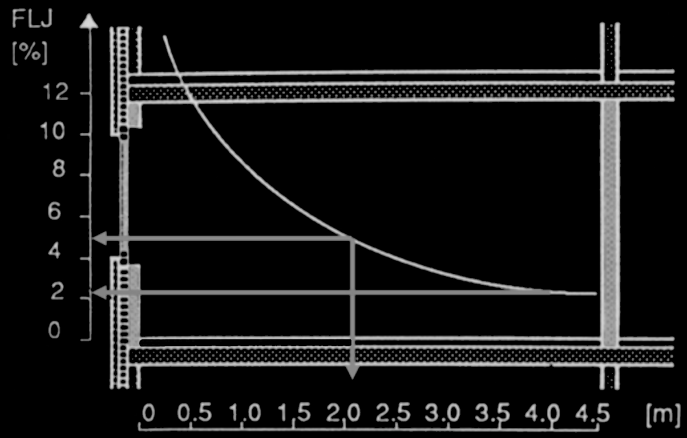
Donc dans une configuration optimale de lumière naturelle, l'épaisseur du bâtiment ne doit pas dépasser deux fois la hauteur de l'ouverture de lumière, si l'on veut conserver un bon confort lumineux et optimiser son éclairage dans l'habitation. L'affectation de la pièce: bureaux, salon, chambre ou magasin, définit le besoins en éclairage.

L'épaisseur maximal du bâtiment et la hauteur d'étage doit suivre une proportion et une règle logique, tout en ordonnant la position des différentes pièces composant le programme pour en maximiser l'éclairage naturel selon les besoins en intensité lumineuse nécessaires.

Surface d'évaluation (sol, table)	Eclairement lumineux (lux)
Jour d'été ensoleillé	100000
Jour d'été non ensoleillé	20000
Vitrine de bijouterie	10000
Table d'opération	5000
Rayons de supermarché	2000
Eclairage de bureau	500
Salon	100
Eclairage public	20
Nuit d'hiver avec pleine lune	1
Nuit étoilée sans lune	0,01

Notes

Tableau extrait du rapport de l'éclairage intérieur sur l'efficacité énergétique par Stefan Gasser et Daniel Tchad publié par Suisse Energie. Le tableau est un récapitulatif des différentes besoins en lumière par type de pièce. Il peut nous guider à travers le choix et les différents accès à la lumière naturelle mais aussi au niveau des dispositifs d'éclairage, dépendant de la fonction de la pièce et de son emplacement.



Notes

Ce graphique représente la courbe de transmission de la lumière naturelle à travers une fenêtre conventionnelle. L'axe horizontal indique la profondeur du local, l'axe vertical est la valeur en pourcentage du facteur de lumière de jour qui définit la fraction relative sur un plan horizontal par rapport à l'éclairement extérieur. La valeur moyenne d'un salon doit se trouver en journée environ à 100 Lux, il se situe aux alentours de 4% de facteur de lumière du jour, qui est le facteur de lumière entrant par rapport à l'éclairement extérieur au bâtiment.

Les Volumes de la Tour

Taille des Volumes

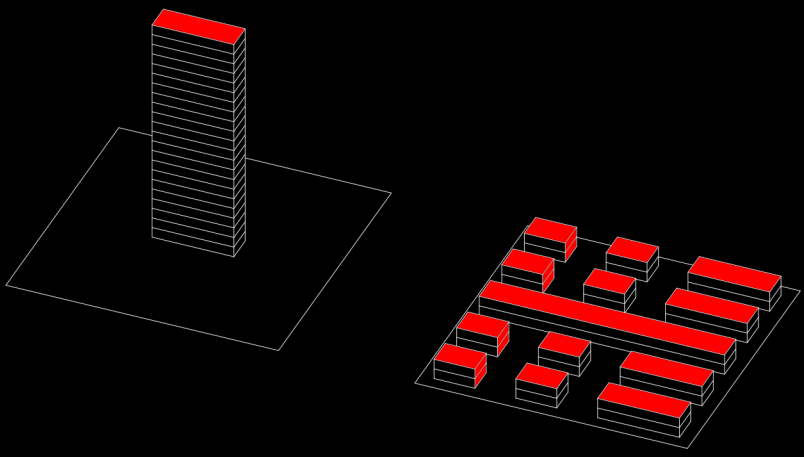
La taille des volumes a un impact non négligeable sur la réalisation des objectifs SIA 2040. La première analyse qu'il est possible de faire est la comparaison de l'indice de compacité de deux situations. Pour l'illustrer, prenons deux ouvrages de volumes identiques. Dans le premier cas, nous avons un grand volume de construction massive avec un revêtement ventilé moyennement lourd et dans le deuxième cas le même volume mais disséminé sur le territoire.

Les différences entre les valeurs de projet sont importantes. Quant au grand volume, il bénéficie d'une situation de départ très favorable pour atteindre les objectifs durable fixés. Dans le cas des petits volumes, on dépasse les émissions de gaz à effet de serre, même si le projet fonctionne jusqu'à son exploitation finale sans aucun rejet.

Comme le petit ouvrage possède une enveloppe proportionnellement plus grande par rapport à la surface de plancher, les déperditions de chaleur sont plus conséquentes. La situation de départ est donc plus critique, tant pour la réalisation du projet, que durant son exploitation.

Dans les deux situations avec un programme équivalent en volume, il sera donc favorable de compacter l'ensemble de ces volumes en un seul et même bloc au lieu de le diviser en plusieurs parties distribuées sur le territoire. Une argumentation qui tend à mettre en valeur la densification des villes et la compacité du territoire. Cela peut se faire en prenant la précaution de contourner les problématiques rencontrées durant l'élaboration des premiers édifices de forte densité.

Le choix d'un compactage global de la forme nous offre une argumentation séduisante sur l'économie dans le bilan énergétique global du bâtiment, mais ne doit en aucun définir le résultat final. Comme l'indice de compacité, il apparaît comme un paramètre de tension qui tend à réguler la forme du gabarit.



Notes

Dans la situation de gauche, le premier cas, un alignement global des différents volumes sur un axe vertical. Dans la situation de droite, le même volume disséminé sur la même parcelle de territoire. On dénote un indice d'occupation du sol plus conséquent ainsi que pour chaque subdivison supplémentaire une augmentation non négligeable de la transmission énergétique globale par les toitures, signalé en rouge dans le dessin. Disséminer les blocs augmente les pertes en énergie de chauffage durant l'exploitation.

Les Volumes de la Tour

Pour illustrer le choix dans la taille des volumes, il est possible de reprendre l'une des esquisse de Hugh Ferris. Si nous regardons attentivement le dessin précédent il y a sans doute quelque chose dans ses grandes pentes qui peut éveiller certaines idées.

Il a même été suggéré que l'on pouvait construire une façade inclinée. Pourtant, des pentes aussi fortes que celles présente sur le gabarit de Ferriss sont étrangères aux modes habituels de construction et demandent à être modifiées (cf. page 37).

L'architecte va donc «tailler dedans», les traduisant cette fois en formes rectangulaires qui délimiteront des espaces intérieurs plus conventionnels et qui pourront, à moindre frais, être construit en acier. Hugh Ferris s'occupa aussi de la tour légalement ; elle aurait pu avoir n'importe quelle hauteur techniquement, rien n'empêchant de la faire beaucoup plus grande qu'aucune autre construction existante. Mais en considération de l'aspect financier, ainsi que d'autre critères qui influencèrent cette loi, sa hauteur sera provisoirement limitée à trois cent mètres pour l'exemple.

Pour continuer en regardant cette forme, on s'aperçoit que de nouvelles modifications vont être nécessaires. Les « marches » en raison de leur nombre et de leur dimension relativement modestes, seraient probablement coûteuses à fabriquer en acier.

La solution de Hugh Ferris est de supprimer ces dimensions dans la mesure où elles ne correspondent pas au gabarit métallique habituel. Sachant que les derniers étages n'ont pas une surface suffisante pour être utilisables, une fois retranchés les espaces nécessaires aux ascenseurs et aux escaliers, la surface utile restante ne justifierait pas le coût de sa construction.



Notes

L'avant dernière esquisse de Hugh Ferris dans l'élaboration d'un gabarit décrit dans « The Metropolis of Tomorrow », après avoir enlevé le surplus des pentes impraticables. Le gabarit doit encore être dimensionné à des fins utilisables par les firmes de construction en acier de cette époque.

L'aspect qui en résulte ne permet par contre pas aux utilisateurs du bâtiment de prendre possession des espaces résultant car au sommet les surfaces de certains locaux sont inutilisables.

Les Volumes de la Tour

Pour Hugh Ferris, c'est à partir de ce premier bloc que l'architecte apportera sa touche finale. Ce n'est qu'une base pratique à partir de laquelle n'importe quel immeuble de grande taille peut être édifié dans le cadre de la «Zoning Law» de 1916.

L'enveloppe spatiale dans laquelle s'inscrit l'immeuble est d'allure pyramidale, or on se souvient que la plupart des immeubles antérieurs à la loi étaient de forme cubique ou parallélépipédique. En simplifiant les choses, on débouche sur une opposition entre cube et pyramide. Lorsque l'on suppose un certain nombre de cubes posés côte à côte, chaque immeuble perd son identité dans l'alignement et présente au passant, non une intégralité, mais un semblant de façade unique.

Dans le cas d'une forme pyramidale, aussi étroite qu'alignée, chacune de ces parties conserve leur indispensable originalité formelle avec la rue. L'observateur peut voir chacune de ses pentes, ainsi que l'évidence de son sommet et de son axe vertical qui caractérise la pyramide, contrairement au cube moins caractéristique sur le plan géométrique.

Ces contrastes simples à large échelle caractérisent les édifices construits sur le principe du redent. Bien que ces bâtiments ne soient pas une véritable pyramide, ils en possèdent certaines propriétés. Ils ont, en outre, cet effet d'individualité qui est essentiel à la dignité architecturale et à l'effet escompté. Les esquisses de Hugh Ferris nous montrent plus qu'une façade, quatre en général comme le cube simple, mais dans la majorité des immeubles à redent on perçoit un sens convainquant de l'axe vertical, attirant le regard vers la perfection du sommet.

Tout cela à pour effet de rendre à l'architecture une dimension spatiale, que dans l'entassement des grandes villes du début du XXème siècle elle avait perdu. Avec ce retour à la troisième dimension, Hugh Ferris semble reconquérir une gloire de l'antiquité perdue et une véritable exploration de la spatialité urbaine en continuel mouvement autour de l'objet.



Notes

Dans la dernière esquisse issue de « The Metropolitan Of Tomorrow », Hugh Ferriss représente le gabarit final, la base dans laquelle l'architecte opère. Il traduit ainsi dans l'ensemble de son processus un système qui permet de contrer l'aspect bidimensionnel des bâtiments de cette époque. L'édifice exprime ainsi tout son élancement en nous rappelant aussi bien les formes gothiques des cathédrales.

Les Matériaux de la Tour

Le Verre

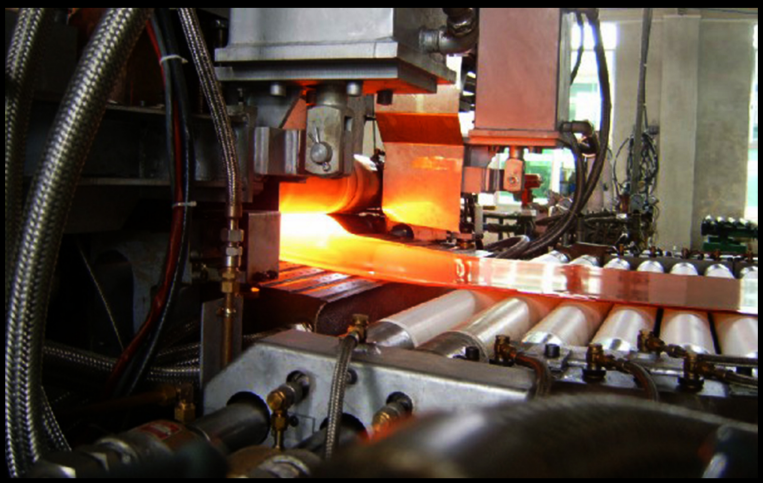
Afin d'introduire les différents matériaux de construction il est important de revisiter les différents systèmes de fabrication propres à chacun. Dans une dimension écologique et durable de planification, comment interpréter les matériaux et à qu'elle échelle?

La production de verre demande essentiellement beaucoup d'énergie à la fabrication: Il existe différents modes de fabrication pour le verre plan. Les premier processus de soufflage dit en manchon consistait à soufflait le verre en un cylindre coupé, puis à le déplier en un verre plat. Ou encore le soufflage en couronne qui consistent à faire pivoter un disque sur un axe puis à le couper, en carreau plats. Quelle que soit la méthode utilisée pour ces deux procédés, le résultat ne permet pas d'atteindre un verre parfaitement plat et sont donc désuets.

Le verre coulé reste la méthode la plus courante pour produire du verre plat, essentiellement par coulage sur table ou laminage. Quoi qu'il en soit la vitrification demande une part d'énergie conséquente à la production puisque le silicium contenu dans le verre doit être préchauffé à une température de 1400°C

Il est néanmoins possible d'utiliser le verre pour ses propriétés physiques de transmission de la lumière et de transparence. Son impact dans le bilan énergétique global du bâtiment se doit d'être revisité: les possibilités grâce au verre triple ou double, et aux différents revêtements de couches sélectives, augmentent la capacité de résistance thermique du matériau

Il est donc possible de revaloriser son utilisation, en se méfiant toutefois des effets de surchauffe qui interviennent fréquemment dans les bâtiments vitrés. Est-il possible de répertorier et de normaliser le pourcentage de surface vitrée que doit comporter un bâtiment.



Notes

Le processus de laminage du verre. Le silicium est liquéfié à une température de 1400°C et prend une forme plate. Il est ensuite découpé sur mesure. La taille du verre dépendra des dimensions des machines à disposition. La taille et l'épaisseur du verre sont soumises aux vibrations et aux pressions du vent, la hauteur du bâtiment augmente avec les efforts présents sur la façade du bâtiment.

Les Matériaux de la Tour

Il est possible grâce au cahier technique SIA 2021 de souligner les différentes problématiques qui ont pu être observées dans les constructions en verre.

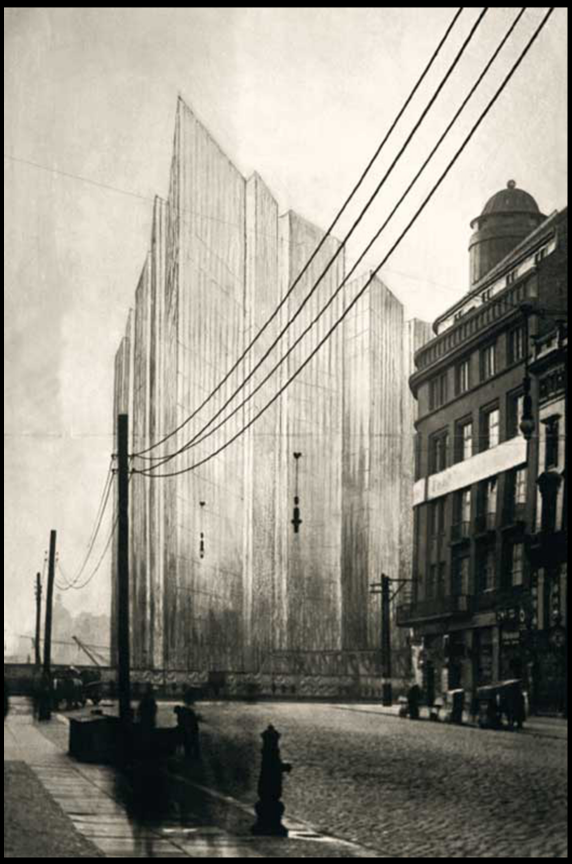
Énergetiquement parlant « les bâtiments vitrés » se définissent par un édifice dont plus de 50% de surface de façade est munie de vitrage transparents, ou bien pour des locaux pour lesquels le rapport de la surface vitrée à la surface de plancher dépasse 30%. La valeur de la résistance thermique du vitrage doit avoisiner celle de l'isolation standard d'un mur, qui reste un élément avec une plus grande résistance thermique.

Dans de tels bâtiments, des règles simples permettent d'éviter des problèmes de confort dus aux fluctuations de température. L'objectif principal est d'éviter des erreurs de conception durant la phase initiale de projet. Dans la plupart des circonstances, les bâtiments vitrés posent des problèmes de confort thermique.

En hiver, il se produit un refroidissement non souhaité dans les zones proches des fenêtres, et un courant d'air froid se crée par convection le long des hautes surfaces vitrées.

À l'opposé en été, la température est au contraire trop élevée et elle s'accroit lors des périodes de beau temps avec un excès de gains solaires. De plus en hiver, comme en été, le confort visuel proches des fenêtres n'est pas assuré du fait du rayonnement solaire.

Premièrement pour éviter les problèmes thermiques, les façades d'angle vitrées qui sont particulièrement critiques, ne sont pas recommandéees. Les locaux situés derrière les façades vitrées doivent être suffisament profonds ; plus ils sont profonds, moins ils seront sensibles aux sollicitations thermiques en Suisse.



Notes

Le collage en perspective de Mies Van der Rohe illustre son premier concept de tour pour le concours de la Friedrichstrasse de 1921. Mies refute tout lien apparent avec le conventionnalisme et réinvente un ordre stylistique nouveau à travers la première grande construction de verre. Il y a pas d'ordre, ni de clarification claire ou de hiérarchisation des étages, seulement un prisme de verre élancé dans toute sa verticalité.

Les Matériaux de la Tour

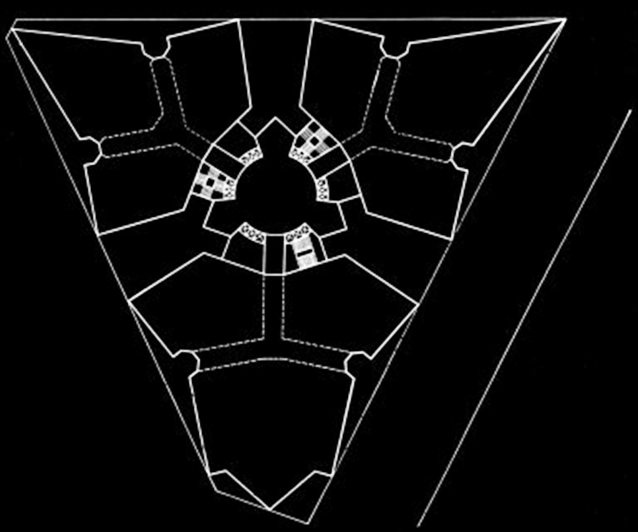
Le constat global, qu'il est possible de définir, est d'éviter les ponts thermiques ainsi que de limiter les courant descendants dû à la convection dans le cas des hauts vitrages. Il faut permettre une ouverture individuelle des fenêtres de façade, car c'est d'elle que provient la plupart de la ventilation des locaux.

La masse apparente des bâtiments constituée par les murs, les dalles et les sols ne doivent si possible pas être recouvertes de revêtements isolants. Car à partir de leur surface, avec une capacité d'accumulation de chaleur sur une épaisseur de 10cm, comme une chape de ciment ou de matériaux pierreux en général, il est possible d'absorber une partie de la chaleur excédantaire, afin que l'environnement intérieur se refroidisse.

Quelle perspective serait-il possible de prendre pour illustrer la conception de bâtiment en verre au début du XXème siècle? L'intérêt de Mies van der Rohe pour le verre en tant que matériau principal, lui inspira de nombreuses études dans lesquelles de vastes surfaces vitrées devenaient le composant essentiel d'une enveloppe extérieure non-porteuse.

Le concours pour le gratte-de-ciel de la Friedrichstraße, rendu fin janvier 1922, fait apparaitre au grand jour l'originalité de la pensée de Mies van der Rohe. Parmi la très grande variété de projets soumis au concours, le projet de Mies, intitulé « Nid d'Abeilles », se distingue par son refus de tout contextualisme et de toute hiérarchisation apparente des étages selon les éléments programmatiques.

Un prisme triple en verre de vingt étages, sans base ni couronnement, est comme sectionné au sommet par un plan horizontal supporté par une ossature d'acier, qui occupe la totalité du site triangulaire.



Notes

Dans le plan Mies privilégie l'accès aux ascenseurs par des cavités verticales qui viendront découper les arrêtes du triangle de la parcelle en losange. Cette recherche sculpturale de la forme pour des critères de réflexion de lumière s'oppose à ses derniers projets d'appartements de 860 et 880 Lake Shore Drive, qui possèdent eux une forme bien plus orthogonale. Le prototype de Mies serait probablement un échec car l'ensoleillement ne pourrait être régulé ce qui amènerait des problèmes de surchauffes ou de convections à l'intérieur du bâtiment.

Les Matériaux de la Tour

Trois canyons permettent au rez-de-chaussée, d'accéder aux ascenseurs, tandis que les puits de lumière éclairent les étages des trois corps de bâtiments articulés par un noyau.

Grâce à une forme prismatique ajustée au triangle, Mies donne une légère angulation à chaque face, pour éviter l'effet sinistre qui apparait lorsque l'on utilise le verre sur de grande surfaces plates.

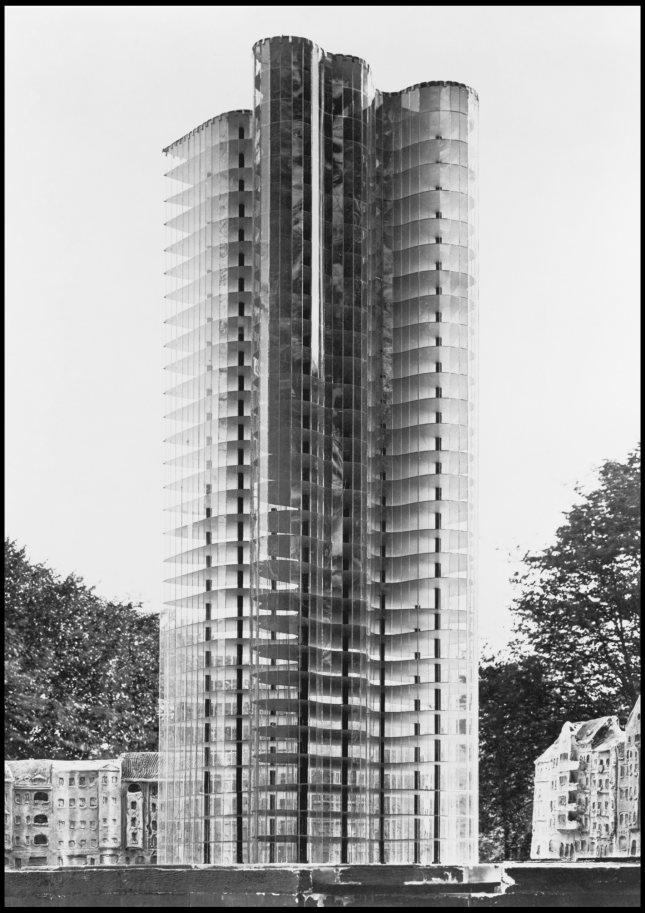
Mies élimine toute différenciation verticale, mais il écarte la problématique de l'articulation en façade et des éléments porteurs de remplissage, grâce au plan de verre intégral.

Une seconde version du gratte-ciel fut fondée sur des recherches prolongeant le thème du premier concours. Dans la revue Frühlicht, Mies van der Rohe décrira ce qui était pour lui, les fondements de la conception d'un bâtiment en verre.

Mies Van der Rohe nous dira je cite : «Son immense ossature d'acier paraîtra impressionnante. Dès sa mise en œuvre de la façade, la pensée constructive disparait sous un enchevêtrement de formes triviales et dénuées de sens.»

Pour ponctuer son argumentation il conclut que, au lieu de chercher à résoudre les problèmes nouveaux à l'aide de formes anciennes, nous devrions imaginer des formes émanant de la nature même de ces nouveaux défis.

Ces nouveaux principes constructifs apparaissent lorsque l'on remplace les murs extérieurs non-porteurs par du verre. Dès que le mur extérieur ne supporte aucun poids, l'emploi du verre induit de nouvelles solutions.



Notes

Une photographie de la maquette de la tour pour le deuxième concours de la Friedrichstrasse. Les recherches de Mies se feront sur les principes de reflet qui anime la tour et cachent ainsi la structure porteuse qui tend à rendre le système énigmatique. Mies illustre l'ambiguité de la vérité des matériaux. L'ossature en acier conventionnel se dissimule sous l'enveloppe et retranscrit transparence et légèreté à l'édifice.

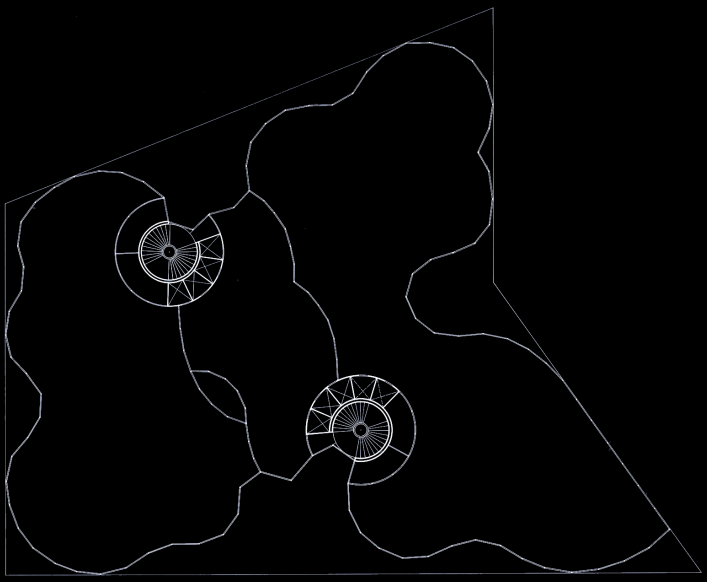
Les Matériaux de la Tour

Dans un projet expérimental, Mies van der Rohe dessina une façade arrondie dont les courbes ont été dictée par trois facteurs : les conditions d'éclairage à l'intérieur, les effets de volume sur la rue et les jeux de reflets.

Mies insista sur le caractère empirique de son approche, suggérant un patient travail de mise au point des courbes du plan, obtenue en ajustant les facettes sur un socle de terre à modeler.

Mies van der Rohe soulignera le fait que ces courbes ont été crées par la masse bâtie sur la rue, et enfin par la recherche de reflets lumineux. La structure permettant de supporter ces prismes de verre, devenus verticaux, n'est pas explicite.

Si la maquette est supportée par des poteaux de section circulaire, aucun des plans des niveaux ne permet d'avoir une certitude quand à la configuration des supports imaginés, et laisse ainsi tout son ambigüité à l'ensemble de l'édifice.



Notes

Le plan pour la tour de verre du deuxième concours de 1922. On y voit une ressemblance avec le premier concours pour la Friedrichstrasse à travers les cavités crée afin d'accéder aux escaliers à travers la masse sculpturale. Le langage suit une forme géométrique circulaire dans son ensemble. La parcelle semble contenir la forme dans une convexité géométrique complexe et ainsi amplifier les reflets de lumière.

Les Matériaux de la Tour

Le Béton

Le composant le plus énergivore de production du béton, entre le sable, les granulat ou l'eau, est le ciment. Le procédé de fabrication du ciment peut être résumé de la manière suivante.

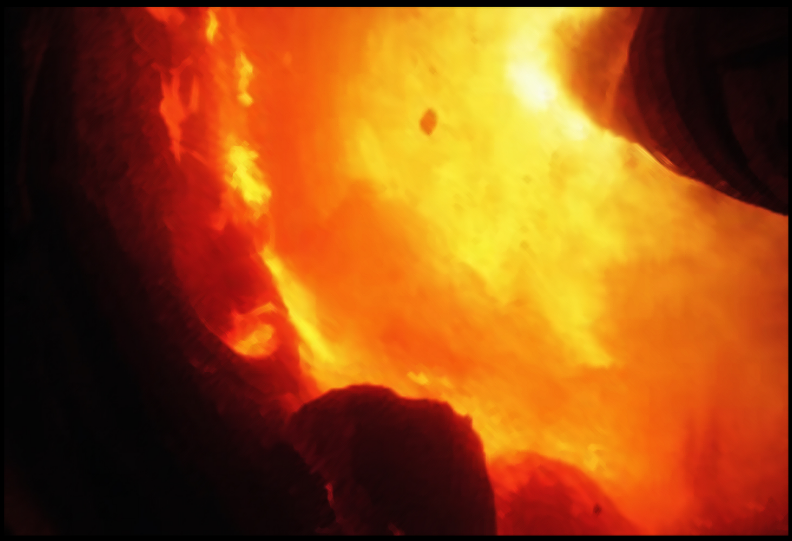
Par minage le calcaire et la marne, composants du ciment, sont extraits. Puis un concasseur réduit les gravats en poussière pour être transportés et mélangés. La matière ainsi obtenue, un mélange de marne et de calcaire, est ensuite séché dans un broyeur. Un dépoussiérage est ensuite réalisé avec des filtres électrostatiques à courant continu (~1'000Volts).

La farine purifiée ainsi obtenue est préchauffée, puis passe dans un four rotatif de plus de 1450°C : la farine crue se transforme ciment. Plusieurs composants font leur apparition comme du fer ou de l'aluminium pour augmenter les performances du ciment.

La farine obtenue est stockée et refroidie dans un premier silo, puis est mélangée avec 5% de gypse afin de donner du ciment. Le tout est compacté est mis en sac.

Dans une perspective de projet écologique, le béton trouvera sa place de par sa fonction structurelle et ses capacités réactive avec l'environnement. Il ne sera pas nécessaire de quantifier l'énergie globale utilisée lors de sa fabrication, mais il est possible de représenter approximativement son impact et donc de limiter sont utilisation, que lorsque celle-ci est nécessaire.

Le béton peut être intelligeament utilisé dans les fondations ou en combinaison d'autres matériaux, mais sont utilisation doit se faire de manière rationnelle, nous le verrons au cours de cet éfoncé.



Notes

Photographie prise à l'intérieur d'un four Clinker à 1450°C durant la combustion du ciment. Le Clinker se situe dans l'usine de Dotternhausen dans une chaine de production Holcim en Suisse. Pour la fabrication du ciment une quantité de systèmes sous maintenance est nécessaire. L'image illustre les forces qui intéragissent lors de l'élaboration du matériau qui absorbe une quantité d'énergie considérable et nécessite une qualification du personnel élevée à la production du produit.

Les Matériaux de la Tour

Les différents composants, qui interviennent lors dans la fabrication du ciment Portland par exemple, nécessitent un mélange particulier de matériaux comme de l'aluminium et du fer contenus dans la marne, qui ne traduise pas forcement une utilisation durable et écologique du béton lorsque son utilisation est faite de façon démesurée.

Par réflexe nous limiterons le béton à son usage structurel propre. Le cœur structurel, élément indispensable à la reprise de dérive de flexion semble ainsi le plus favorable à l'application du béton.

Les fondations et points d'encrage au sol semblent aussi préconiser l'utilisation du béton. Mais pour illustrer la construction en béton dans le cas de projection verticale, il est intéressant de souligner les différentes opérations de construction du bureau de Mies Van der Rohe durant la fin des années 1940.

Entre 1947 et 1949 à Chicago, Mies construira une série de tours d'habitation, dont les « Promontory Apartements » sur la partie sud du rivage de la ville.

La pénurie d'acier de l'immédiat après guerre le poussa à abandonner les solutions métalliques et à réaliser un immeuble de vingt et un étages avec une ossature de béton armé. Les deux côtés de l'immeuble étant bien distincts, la façade tournée vers le lac étant plane, l'intérieur toujours occulté, suit des redent en double T : une façade porteuse qui permet une diminution de l'épaisseur des systèmes porteurs extérieurs tous les cinq étages.

Il est important de souligner l'appareillage gris-beige commun aux briques de remplissage et au béton, ce qui donne, vue à distance, une continuité de façade, ce que les joints et les lignes creuses, vue de près, démentent.



Notes

Une photographie des « Promotory Apartements » construits à Chicago en 1947, où l'on peut lire dans la façade un allégement du système porteur apparent en T à peine visible. Le couplage béton brique donne de loin un aspect continu et homogène à la façade le tout marquant une prédominance de la verticalité. Le bâtiment dont la forme n'est pas très relevante, c'est plutôt la matérialité d'un bâtiment en béton d'après guerre, qui peut nous guider à travers le remplissage et l'utilisation de la brique plutôt que du béton.

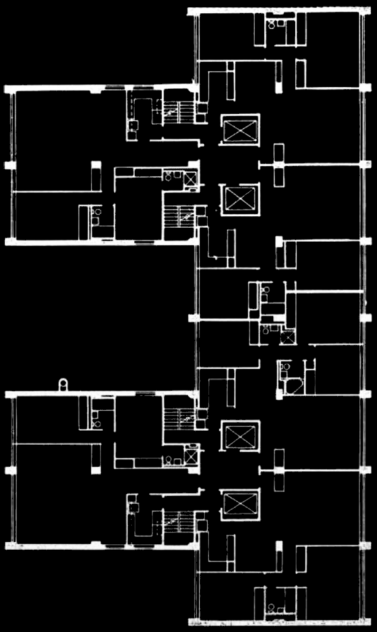
Les Matériaux de la Tour

Bien que la production d'éléments préfabriqués tend à grandement favoriser les phases de chantier, le coulage in situ demande, principalement pour les connexions, un effort considérable. Nous limiterons ainsi l'utilisation du béton lorsque des phases de coulage simple sont possibles.

Les raisons de la tendance à la construction de structures en béton ou composites dans les bâtiments les plus hauts aujourd'hui sont dû à plusieurs facteurs. Cela est dû principalement aux caractéristiques des pays en voie de développement où sont implantés ces projets, qui sont beaucoup plus susceptibles de posséder une expertise technologique sur le béton, plutôt que sur l'acier. Le coût est également un facteur important, le béton étant considéré comme meilleur marché comparé à l'acier.

Le plan des Promotory Apartements souligne la rigidité du mouvement moderniste international de cet époque, principalement tel qu'il a été incarné dans le travail de Mies van der Rohe et en particulier son bâtiment de la Seagram Tour. Nous verrons, au cours de cet énoncé (cf. page 99), une alternative opposée à celle de Mies Van der Rohe dans la conception d'un édifice en brique et en béton. Louis Kahn nous offra dans le plan du Richards Medical Research Laboratories, une composition et une stratégie différente que celle introduite par Mies.

L'acier par ses capacités structurelles semble une bonne opportunité de matériau pour les bâtiments verticaux. Quels sont les engeux dans l'élaboration de constructions en métales?



Notes

Dans le plan des Promotory Apartements on peut lire un redent de la façade afin de permettre de faire pénétrer la lumière naturelle dans les couloirs de distribution centrale. La topologie du plan permet aussi de rigidifier le bâtiment contre les pressions du vent et la flexion. La circulation du bâtiment étant compacté et optimisé au maximum, elle apparaît presque contraignante et mérite peut-être plus de générosité dans sa forme et sa surface.

Les Matériaux de la Tour

L'Acier

Le choix des matériaux doit être fait en fonction des exigences de la conception et des possibilités de fabrication. Le choix de l'acier est déterminant comme facteur environnemental ; il est influencé en partie par son emplacement et sa compatibilité avec l'environnement, les conditions de fabrication en usine et les possibilités de transport étant un facteur d'influence majeur sur la durabilité du projet.

Le choix de l'acier comme matériau est séduisant au vu de ces capacités structurelles. Mais d'autres contraintes se doivent d'être soulignées, comme les déformations et les vibrations, ainsi que le comportement de l'ouvrage pendant son utilisation, dans le cas d'une structure métalique.

L'exposition de la structure porteuse aux influences de l'environnement notamment la corrosion et ses exigences à l'égard de sa résistance au feu ou concernant l'isolation thermique et acoustique, se doit d'être vérifié lors de la conception. Une accessibilité doit aussi être planifiée afin de garantir une maintenance continue des éléments en acier dans le cas d'une structure apparente de bâtiment vertical.

En effet, les critères de durabilité influent grandement sur l'utilisation de l'acier et peuvent se résumer en quelques lignes. La prise en compte des conditions environnementales ainsi que la possibilité de s'adapter à l'utilisation de la forme et des dispositions constructives des éléments sont primordiaux.

Il existe plusieurs systèmes transposables dans le cas de la construction en acier. Il est important pour nous de traduire une partie des systèmes valorisés en tant que structure porteuse.

L'utilisation de l'acier inoxydable ne faisant pas partie des perspectives d'un projet durable, il sera mit à l'écart de la sélection car sa consommation durant la production étant plus élevée que l'acier conventionnel.



Notes

Photographie de la phase de laminage dans l'usine de sidérurgie SAAB d'Oxelösunden Suédoise. Fonctionnant au charbon l'usine subit une transformation progressive de son système de production d'acier laminée fonctionnant au charbon vers une production renouvelable fonctionnant à l'électricité. L'acier lors de son laminage à chaud nécessite de grande quantité d'énergie, l'image illustre ce phénomène, néanmoins le laminage constitue seulement une partie l'ensemble du processus de fabrication de l'acier.

Les Matériaux de la Tour

À travers les différentes formes structurelles que l'acier permet d'adopter, il est possible de souligner un effet particulier: les systèmes se limite à des éléments conçus pour la plupart linéairement.

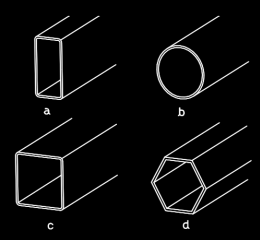
À travers les 3'000 variétés d'acier disponibles sur le marché, dont les capacités structurelles intrinsèques changent, il est possible de définir deux catégories principales issues de l'industrie métallurgique : les laminés et les étirés (ou tréfilés).

Dans le cas des laminés la production se fait à partir de cylindres qui comprime un volume d'acier relativement malléable en raison de sa température élevée 1250°C. L'étape ultérieure possible, est le laminage à froid: ce procédé est principalement utilisé pour façonner des tôles plates.

Par étirage on amène un produit déjà laminé à une section plus réduite et à une plus grande longueur pour former des barres ou des fils. Cela nous donne une catégorie d'éléments, qui ne peut être soumis à des charges structurelles autres que les câbles soumis à la traction.

Quel type d'éléments en acier peut-on utiliser pour la construction d'un bâtiment de grande taille? Les premiers éléments relativement importants à prendre en compte, provenant du laminage d'éléments longs, sont les poutres structurelles. Les poutres existent en différents formats en I, en U ou en H.

Les éléments plats comme les palplanches, les tôles, les larges plats, les tôles nervurées, les profils creux, les plaques ou les profils minces, peuvent dans le cas d'un bâtiment à objectif écologique, être remplacés par des matériaux moins gourmants en énergie grise durant leur fabrication.



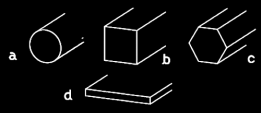
Profils creux :

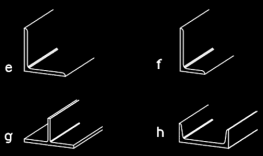
Profil nervuré.



Demi-poutrelles IPE et HE.

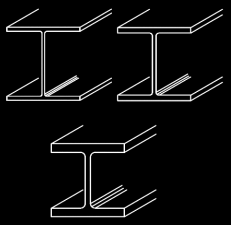


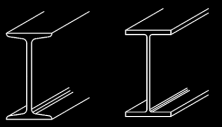




Laminés marchands

Poutrelles HEA, HEB et HEM.





Poutrelle IPN Poutrelle IPE

Notes

L'essentiel des éléments préfabriqués en acier sont issu d'une procédure de laminage linéaire, Les différents éléments sont assemblés pour former une infinité de structures spatiales. La vérité des matériaux trahit parfois le caractère écologique de certaine construction. Le métal reste néanmoins un matériaux de qualité pour les joints d'étanchéité mais le support doit subir un traitement contre la corrosion, geste qui n'est pas forcement durable car la production d'acier inoxydable nécessite des température de laminage à 1450°C.

Les Matériaux de la Tour

Diverses caractéristiques influencent les structures métaliques, comme le montage et la possibilité de procéder à un pré-assemblage au sol et à un levage d'ensemble dans le cas d'une tour. Une économie de matière dans le travail des volumes est possible, en intégrant ainsi une structure légère, transparente et flexible dans l'édifice.

Sa production est liée intrinsèquement à une matière première, le fer, qui ne permet pas forcément de valoriser une exploitation locale des matériaux en Suisse.
Pour illustrer sont utilisation, les premiers exemples de bâtiments construits durant les années 1940 à Chicago par Mies Van der Rohe souligne particulièrement bien les problématiques liés à l'utilisation de l'acier dans l'ossature.

Avant même l'achèvement des « Promontory Apartements » un autre concours fut lancé à la fin des années 1940, situé cette fois au nord du centre de Chicago.

Les Tours de vingt-six étages du « 860-880 Lake Shore Drive » développent une variante métallique élaborée pour les « Promontory Apartements ». Les deux tours identiques sont placées à angle droit, selon les directions de la trame urbaine de Chicago, le tracé en biais du rivage définit un espace extérieur trapézoïdal.

L'ossature métallique principale découpe trois travées sur le pignon et cinq sur la façade principale. Cette proportion de 5 par 3 travées deviendra une constante de projets ultérieurs chez Mies.

Suivant les différentes normes en vigueur à cette époque Mies van Der Rohe choisit un standard d'épaisseur à la fois soumis aux contraintes structurelles et à une exploitation optimale de la lumière naturelle.



Notes

Les tours d'Appartements 860 et 880 Lake Shore Drive combinent verre et acier. Un système de conception standardisé à travers le monde. Le bâtiment ne possède ni porosité ni balcon sur l'extérieur. Dans une totale étanchéité l'habitant est reclus à l'intérieur, l'une des contraintes les plus problématiques pour les bâtiments de grande taille, sont les conditions de confort et l'altitude. Il est difficile d'avoir de bonne conditions extérieures pour de l'habitat en hauteur particulièrement à une lattitude suisse.

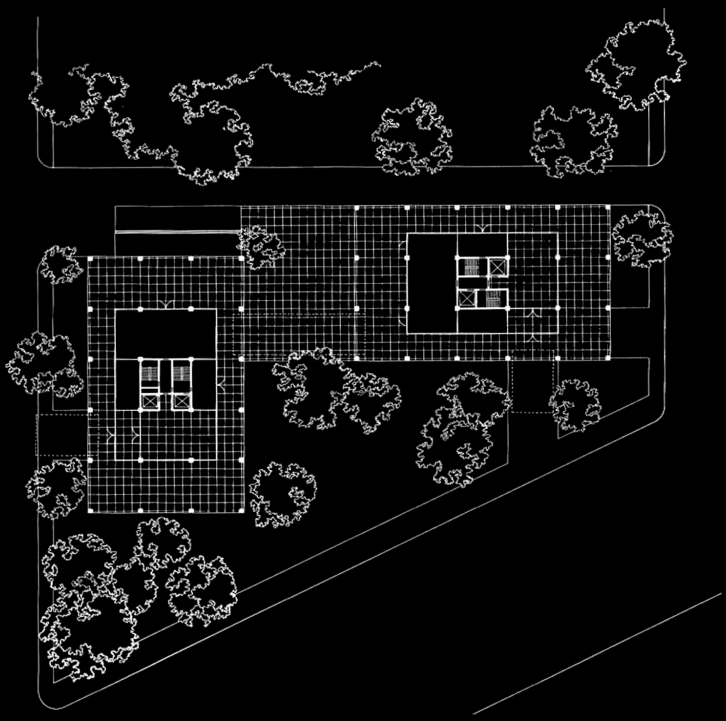
Les Matériaux de la Tour

La structure a été mise en cause par les règlements de sécurité de Chicago, qui imposent d'enrober les éléments porteurs dans 5 centimètre sde béton anti-incendie. Mies choisira donc de coffrer les poutres et les poteaux, ainsi épaissis par un revêtement d'acier, sur lequel des profilés en « I » non-porteurs seront soudés. Il crée ainsi une trame secondaire intégrant les poteaux principaux, raidissant ainsi le revêtement et renforçant visuellement la perception des lignes de force d'une structure à la fois dissimulée et révélée.

Les appartements des « 900-910 Lake Shore Drive », désignés aussi comme « 900 Esplanades», se différencient des deux premières tours voisines par leur hauteur, deux étages de plus, et leur structure. L'ossature métallique est totalement remplacée par du béton, et le rôle de la façade métallique est donc différent. Elle n'est plus l'indice d'une charpente d'acier cachée, qui a désormais disparu ; des raidisseurs d'acier et des panneaux d'aluminium viennent donner l'illusion d'une solidité métallique à une texture minérale. L'ossature en béton armé se retrouve cette fois complètement dissimulée par de l'acier.

Les halls des deux tours, dont le chantier dure de 1955 à 1956, sont enclos par un pan de verre en retrait par rapport au plan des façades, constituant un volume de vide au-dessus duquel les bâtiments semblent flotter. Seule une mince ligne horizontale noire vient trahir la présence de la dalle de béton des planchers.

En conclusion, la matérialité du projet ne refléte pas nécessairement la vérité constructive comme nous avons pu le voir dans certains travaux de Mies van der Rohe, la matérialité devient ce que l'architecte veut bien montrer.



Notes

Le plan des deux tours d'appartements 860 et 880 Lake Shore Drive. On y voit une lecture de la trame claire avec comme cœur intérieur les escaliers et ascenseurs. L'intervention la plus minimale et fonctionnelle du travail de Mies van der Rohe à la fin de sa carrière, peut se traduire comme une base d'apprentissage pour les nouvelles conceptions. Sans forcement en devenir une standardisation rigide, le respect des proportions se fait a travers l'utilisation d'une grille qui génère et ordonne l'espace en élévation comme en plan.

Les Matériaux de la Tour

Le Bois

La filière bois de construction représente l'ensemble des acteurs de l'industrie du bois. Ils cultivent, coupent, transforment, commercialisent, recyclent ou détruisent le bois.

Dans la construction, les progrès technologiques du bois ont permis l'utilisation du bois avec des produits appelés «bois de masse». Ces produits utilisent des produits résineux renouvelables utilisant des adhésifs comme liant.

Ces éléments structuraux se comportent de façon similaire au bois massif. L'avantage est que le matériau peut s'adapter aux tailles plus grandes pour supporter les charges requises et se comporter comme un bois massif dans un feu, en carbonisant plutôt qu'en brûlant.

Le modèle de pré-étude du bâtiment servant de référence au programme d'essais pour le projet de recherche de tour en bois du bureau Skidmore, Owings & Merrill (SOM), est un bâtiment de 11 niveaux avec un plan rectangulaire à deux cœurs isolés pour la circulation verticale. Le bâtiment principalement en bois utilisait des poutres en H métallique enrobé de bois. Cette typologie de bâtiment devait constituer un schéma commun auquel les systèmes de construction en bois pourraient être appliqués. La taille de la travée typique du bâtiment modèle est de 6m x 7.5m, mais ne reflète pas les critères requient d'une vraie construction durable.

Dans l'exemple final de la tour en bois élaboré par le bureau de la SOM, la gestion des chemins de charge par gravité et de la reprise des forces du vent sont en partie les critères qui définissent la trame et les renforcement de certains piliers en périmètre d'une tour sans porteur métallique.



Notes

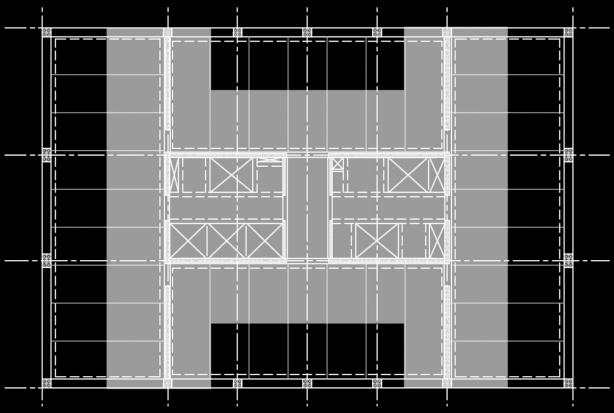
L'encollage du bois à partir d'un procédé utilisant du polyuréthane. Colle ayant un faible impact sur l'environnement, car nécessitant seulement un nettoyage à l'alcool, il permet de créer diverses sections d'éléments en bois. Cette étape ne représente qu'une petite partie d'énergie sur l'ensemble de la filière du bois. Mais dans l'ensemble il est possible de dire que l'extraction et la production de bois peuvent se planifier de façon durable et écologique sur un intervalle de temps permettant le renouvellement des zones forestières sur une période de 30 ans en Suisse.

Les Matériaux de la Tour

Ensuite lorsque nous regardons le plan du prototype élaboré par le bureau (cf. page 73), on dénote des murs en bois reliant le noyau central qui consolide ainsi le système transversalement. Ces murs participent à la reprise de flexion du bâtiment, qui tend à plier la tour sous la charge du vent. La dérive de flexion, dont plus de détails seront fournis ultérieurement dans l'énoncé, nécessite des stabilisateurs et des parois de ceinture ou des colonnes de périmètre dans le système de résistance au vent, avec un cadre renforcé plus robuste qui consolide l'ensemble la façade.

Dans le plan les éléments cités ci-dessus ne sont pas représentés, seul les éléments de renforcement dû à la flexion, comme les murs et les colonnes périmétrique du bâtiment ainsi que le cœur structurel en bois, comprenant les différents accès verticaux comme les ascenseurs ou encore les escaliers de secours, sont représentés.
La surface grise représente les surfaces les plus solicitées aux charge du bâtiment et au moment de flexion dû à la charge du vent. Les colonnes périmétriques se composent 4 poutres de bois massives lamellé collé avec des résine de hautes performances. Sur la face la plus longue du plan rectangulaire, le périmètre de colonne est doublé dans la symétrie du bâtiment, afin de compenser les charge frontales du vents. Sur le coté court la colonne est doublée afin de reprendre la flexion.

Se basant sur un projet pré-existant, le bureau SOM crée un système rectangulaire et définit ainsi une forme de plan, mais surtout un système constructif intéressant. Le bâtiment se composant à 70% de bois et à 30% de béton, il peut représenter un exemple intéressant en vue de la conception d'un projet de tour en bois.
Les colonnes périmétriques sont reliées entre elles par un système de cadres en béton renforcé serrant ainsi le noyau de façon compacte, qui maintiennent le système en un seul bloc. Les planchers, une combinaison d'élément isolant acoustique et de bois sont ensuite encastrés dans ces cadres de béton. Des système de vis métalliques relient le plancher aux différents cadres.



Notes

Le plan de l'étage type d'une tour combinant béton et bois. Le plancher est encastrée avec des éléments unitaires en bois, le tout recouvert d'une chape de ciment pour rigidifier et maintenir les différentes pièces en un seul et même bloc. En plus du noyau rectangulaire qui consolide la tour, un système de mur transversal renforce l'immeuble, Une tour de 42 étages dont le cœur, possédant une base en béton armé, se compose d'une superposition de cadres en bois ceintré d'un mur en bois massif comme noyau.

Les Matériaux de la Tour

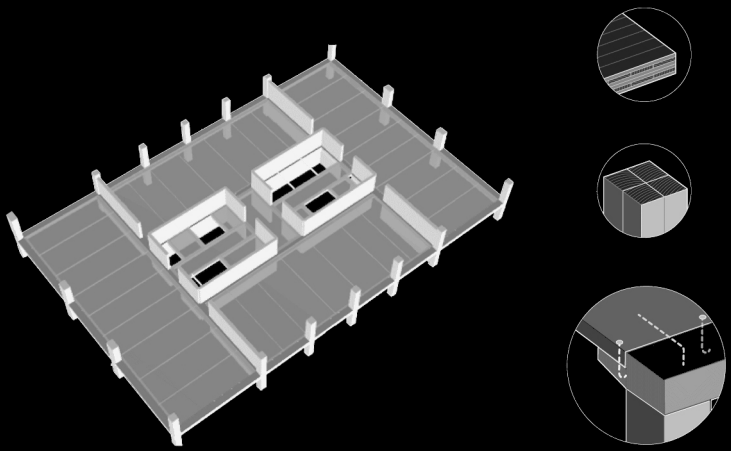
Les cadres de béton serviront à connecter les différentes colonnes périmétriques. Le noyau est composé d'une charpente en bois de renforcement qui structure l'intérieur sur chaque étage et permet l'accès à chaque colonne technique, comme les ascenseurs ou les gaines. Les murs qui entourent le noyau sont composés de poutres en bois lamellé collé disposées verticalement.

Quartes cadres de béton armé définissent ainsi la forme du plan rectangulaire entourant le noyau, chacun serrant un système de plancher de dimension unitaire à des fins économique. Afin de rigidifier le bâtiment, une chape de ciment est coulée sur le plancher et rigidifie l'étage contre le cisaillement des cadres et de la tour dans son ensemble.

Une variante totalement en bois fut imaginée par le bureau SOM, mais le système «tout bois» étudié nécessite davantage d'éléments de colonnes et de murs à cause du raccourcissement des éléments porteurs horizontaux.

L'avantage de la combinaison avec le béton était de fournir des éléments qui provoquent une réduction des quantités de bois et de la hauteur de plancher, grâce aux portées que peut atteindre le béton armé.

Un autre inconvénient de ces éléments supplémentaires dans le «tout bois» est la flexibilité réduite des aménagements intérieurs dans une trame plus serrée, ainsi que l'augmentation du soulèvement net en raison du vent dans le système résistant à la charge latérale par rapport au poids même du matériaux, plus léger que le béton.



Notes

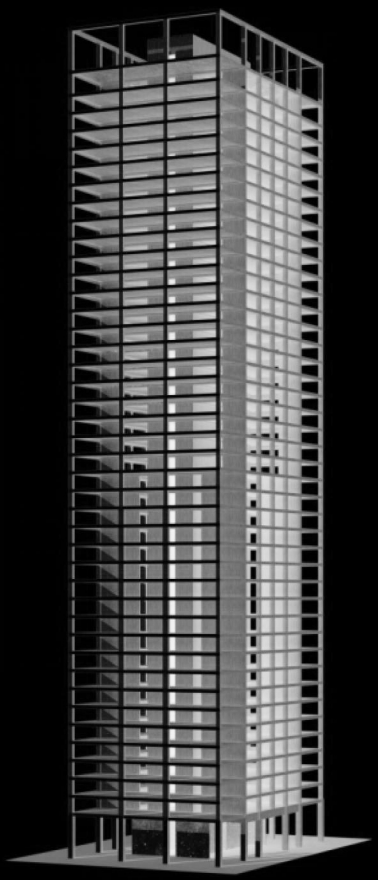
L'axonométrie nous montre le plan d'un étage type; il est important de souligner que plus les forces de flexion sont grandes à la base du bâtiment. La moitié de la hauteur de l'immeuble depuis la base à besoin d'être renforcée, puis un allègement de la structure peut être envisager dans la moitié supérieure du bâtiment. Les connections directes entre éléments sont métalliques mais les longue portée sont elle résolues à l'aide du béton, le bois vient combler le reste.

Les Matériaux de la Tour

Les colonnes périmétriques et le noyau sont directement connectés au soubassement, qui lui est en béton. Dans cet exemple, deux étages situés à la base du bâtiment permettent encore de rigidifier le pied de la tour.

Dans son ensemble ce bâtiment permet, dans la projection d'un système structurel, de concevoir les bases d'un bâtiment de grande hauteur en bois.

Une combinaison intégrale en bois nous amène à une utilisation plus renforcée du matériau et donc d'une utilisation quantitative plus grande. La combinaison du béton, du bois et du verre nous semble donc être une stratégie avantageuse dans la conception d'un bâtiment écologique.



Notes

Les soubassements en béton ainsi que sa base permettent une surélévation de la masse, effet qui nous rappelle les atriums de Mies et ses immeubles de Chicago. La tour de la SOM se manifeste comme un exemple constructif intéressant pour la conception de projets verticaux. Le plan rectangulaire peut se développer sur des formes plus complexes, les orthogonalités, si manipulées avec précaution peuvent être redessinées avec des angles différents.

Les Parties de la Tour

L'Atrium

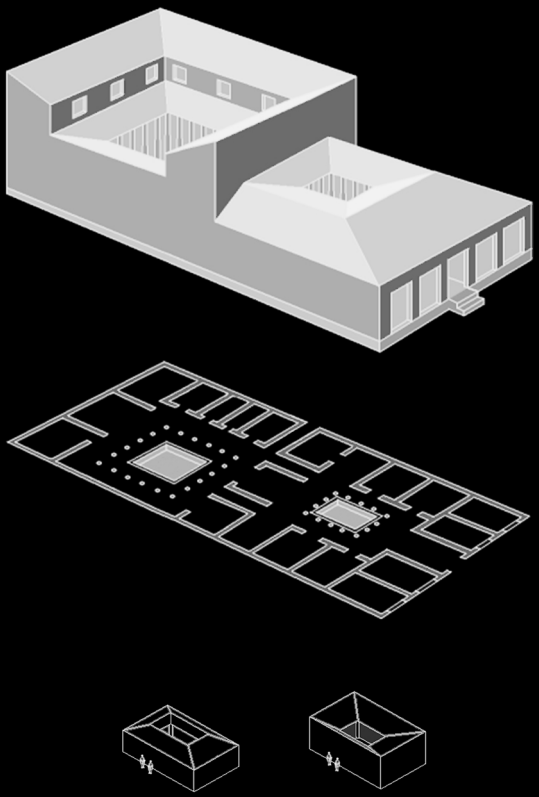
Les atriums, sous forme de grandes entrées, de cours et d'espaces semi-publics protégés, existent depuis environ 2000 ans. La technologie du fer et du verre issue de la révolution industrielle du XIXe siècle a permis de couvrir de grandes cours et d'améliorer considérablement leur climat intérieur.

La conception de l'atrium en tant qu'espace social a conduit à son utilisation généralisée dans les grands bâtiments publics à la fin du XIXe siècle; Ils permettaient l'éclairage naturel et la ventilation, fonctionnant comme filtre à air et retenaient les vapeurs des lampes à pétrole et à gaz.

Les dernières générations de bâtiments de grandes hauteurs ont fait des progrès admirables dans la réponse aux préoccupations environnementales, sociales, culturelles et économiques, souvent avec l'utilisation d'atriums. Ils servent de support sensible, à travers lequel un immeuble de grande hauteur est connecté au sol et à son contexte, au tissu urbain, aux infrastructures et la ville dans son ensemble.

Les atriums forment un lien continu entre les domaines public et privé, en amenant les gens au cœur d'un bâtiment, via une entrée chaleureuse et accueillante, comme espaces de réception. Ces arcades verticales peuvent être occupées par des magasins, des cafés, des restaurants, des salles de spectacles ou d'expositions et des commerces offrant des possibilités d'interaction sociale, de surveillance naturelle, renforçant ainsi leur viabilité commerciale.

Il est possible d'observer une augmentation de la construction de bâtiments verticaux qui entraîne une dégradation de la qualité de l'espace public. Cela pourrait être partiellement compensé dans les structures verticales grâce à l'utilisation d'espaces comme l'atrium, véritable canalisateur urbain.



Notes

Dans la maison antique la base d'un atrium se définit comme un espace social situé au centre de l'habitation. Il joue aussi le rôle de circulateur d'air. Grâce à son ouverture zénithale il permet à de faire circuler l'air traversant. La direction de la pente du toit nous permet une récolte des eaux de pluie. Quoiqu'il en soit, l'atrium jouait le rôle de régulateur de climat à l'intérieur de l'habitation, alors comment peut-il être réintégrer dans un bâtiment verticale moderne?

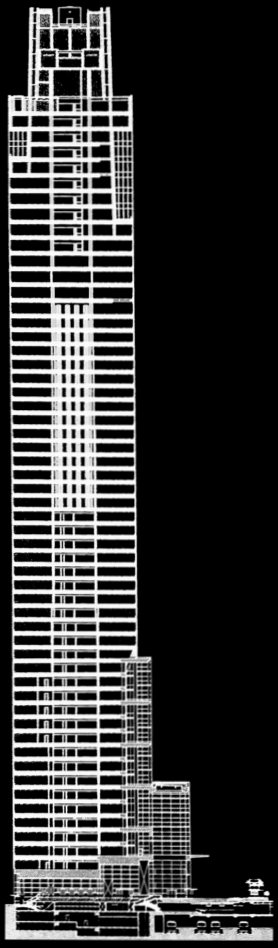
Les Parties de la Tour

Le potentiel environnemental d'un atrium est fondamental, si il est réalisé principalement par le chauffage passif, le refroidissement et l'éclairage naturel. Un atrium agit comme un espace protégé ou comme tampon entre l'extérieur et l'intérieur, qui peut ne pas être entièrement conditionné, mais apporte de la lumière du jour tout en excluant les situations extrêmes de vent, de pluie et de température.

Les atriums agissent comme des puits de fraicheur ou des accumulateurs de chaleur et servent d'accumulateur d'air de retour et de chambres de ventilation.

Cependant, l'augmentation des flux en fonction de la température et les mouvements d'air sans entrave à l'intérieur de l'atrium présentent potentiellement un risque important en cas d'incendie.

Ceux-ci peuvent être contrôlés en scindant l'atrium en sections, car un atrium fournit une voie par laquelle la fumée et le feu peuvent se propager d'un étage à l'autre beaucoup plus rapidement que dans le bâtiment équivalent sans atrium.



Notes

La tour du «Comcast Center» suitée à Philadelphie illsutre l'intégration d'un atrium dans une construction verticale. L'atrium fonctionne comme un accumulateur de chaleur solaire passive en hiver, et comme un évacuateur d'air chaud en été. L'élément le plus simple et le plus intéressant reste le sol en base de bâtiment qui accumule la chaleur solaire pour créer un cycle d'air en convection jusqu'au sommet de l'atrium.

Les Parties de la Tour

La Façade

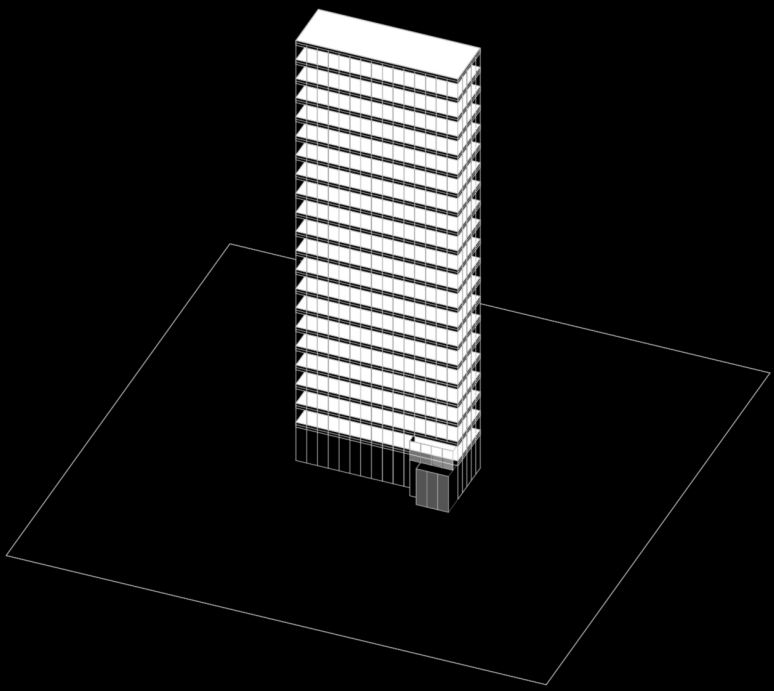
Il est important de souligner qu'il existe trois paramètres clés pour lesquels les façades d'une tour doivent être conçues et évaluées.
Premièrement, l'intention architecturale : compte tenu de la notoriété et du profil des bâtiments de grande hauteur, il est compréhensible que l'architecte concentre l'apparence, la forme de l'enveloppe, mais aussi son articulation, ses matériaux et sa structure.

Deuxièmement la performance du verre offre de la lumière naturelle à l'espace, mais maximiser la lumière naturelle attire le risque inévitable de surchauffe solaire et de déperdition de chaleur, ou de gain de chaleur par temps chaud.

Les solutions de façade doivent donc être flexibles afin de répondre aux nuances de performances spécifiques du projet, qui sont toutes possibles; dans le cas d'un mur rideau unitaire, l'utilisation du bois comme châssis de base peut-être envisagé.

Troisièmement la constructibilité et la maintenabilité qui, dans la grande majorité des cas, nécessitent des solutions de façade préfabriquée ; c'est-à-dire que les unités peuvent être levées étage par étage, directement à partir de la dalle de plancher, évitant ainsi tout accès externe et réduisant la charge des grues durant le chantier. Un avantage supplémentaire de cette approche est la maximisation de la qualité et la gestion des risques, avec une fabrication hors site réalisée dans des conditions d'atelier contrôlées.

L'importance de la facilité et du coût de l'entretien est accrue par l'étendue de la façade d'un grand bâtiment. Il est donc essentiel d'évaluer dès la phase de conception comment, et à quelle fréquence, la façade sera nettoyée et les panneaux remplacés, ainsi que la date de maintenance et de conception des matériaux et des composants.



Notes

Le schéma simple d'une façade rideau, les pièces de cadre et de fenêtres sont accrochées aux dalles de leurs étages respectifs. Ces éléments de cadres doivent être inscrit dans une grille dimensionnée afin de permettre un calepinage ordré de la façade. La forme de la façade joue un rôle prédominant dans l'interaction entre le vent et le bâtiment. Quoi qu'il en soit ces éléments de façade rideau peuvent avoir des formes et des compositions de matériaux différents en restant dans les mêmes dimensions.

Les Parties de la Tour

La Structure

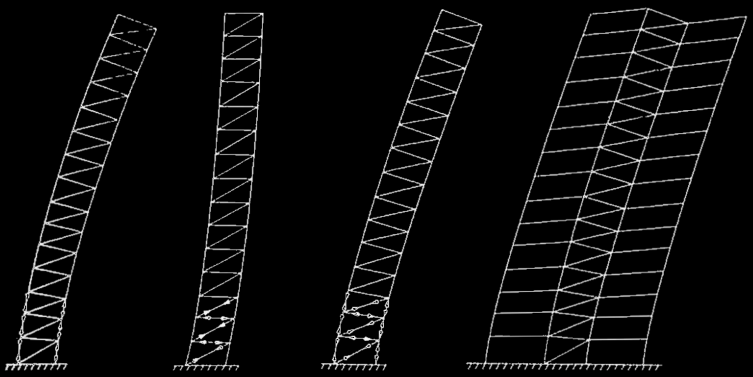
La simplification conceptuelle fondamentale du bâtiment de grande hauteur réside dans le fait qu'il s'agit d'une poutre verticale en porte-à-faux. En tant que tel, il est globalement déterminant statiquement et les forces totales agissant sur la tour sont donc connues en théorie.

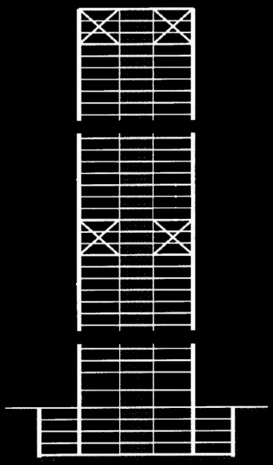
Ces forces peuvent être vues comme des moments de renversement et de cisaillement qui entraînent des déformations en flexion et en cisaillement de ce porte-à-faux conceptuel.

En prenant quelque chose d'aussi vaste et complexe qu'un énorme édifice, formé de milliers de poutres, colonnes, murs et dalles individuelles, et en l'imaginant comme une simple entité, les concepteurs peuvent considérer ces structures géantes de manière rationnelle.

En général, les forces latérales, en particulier les charges dues au vent, sont les considérations les plus dominantes. L'ampleur réelle des forces dues au vent est fortement affectée par la forme de la tour. Toute structure qui transporte les forces du vent au sol, qu'il s'agisse d'un arbre, d'un lampadaire ou d'un bâtiment vertical, tous doit résister à deux phénomènes structurels majeurs: le cisaillement et la flexion.

Si le noyau lui-même est trop mince pour reprendre l'effet de flexion d'une tour de grandes hauteurs, des stabilisateurs le relieront aux colonnes du périmètre. Ce faisant, les stabilisateurs transfèrent le moment de renversement du noyau le plus étroit au périmètre le plus large. Un système de stabilisateurs de par sa forme et sa dimension sera difficile à concevoir en bois, les stabilisateurs sont néanmoins utilisés pour suspendre les éléments qui serviront à fixer la façade rideau.





Notes

Les figures comportementales du haut illustrent les différentes déformations structurelles du cœur structurelle sous à la pression du vent. Plus nous montons en altitude plus les forces sont théoriquement importantes, plus le moment de force est grand. Les figures qui suivent sont les différentes déformations subies par le noyau autant en traction que en compression dans un plan bidimensionnel. La figure du haut représente la déformation des colonnes périmétriques qui suivent la flexion du cœur. La figure du bas montre les stabilisateurs dont leur emplacement sont définis par l"ingénieur.

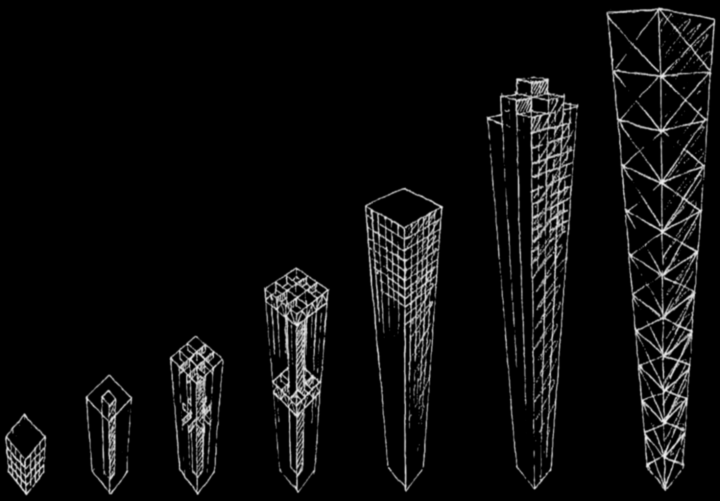
Les Parties de la Tour

Généralement, comme dans le cas d'un système extérieur, le périmètre est considéré comme l'endroit le plus efficace pour résister aux moments de renversement de la tour, car les éléments verticaux sont les plus éloignés du centre du bâtiment.

Cependant, les systèmes continus et ininterrompus, tels que les murs pleins ou les contreventements diagonaux, résistent plus efficacement au cisaillement dû au vent. Il est souvent difficile de placer ces éléments sur le périmètre d'un bâtiment, car ils limitent la vue depuis la tour et réduisent les possibilités de manipuler la forme dans son périmètre (cf. figure de droite page 87).

Un système dans lequel les murs et les renforts diagonaux sont placés dans le noyau du bâtiment, en agençant avec soin les ascenseurs, les escaliers et les gaines mécaniques, qui doivent tous fonctionner verticalement. La taille appropriée d'une structure est déterminante pour trois facteurs principaux: la hauteur, la superficie et la distance entre le noyau et le périmètre. En général, plus le bâtiment est haut, plus la base doit être large.

La tour est donc essentiellement une poutre de section variable nous rappelant étrangement les formes pyramidales imaginées par Hugh Ferris au début du XXème siècle (cf page 45).



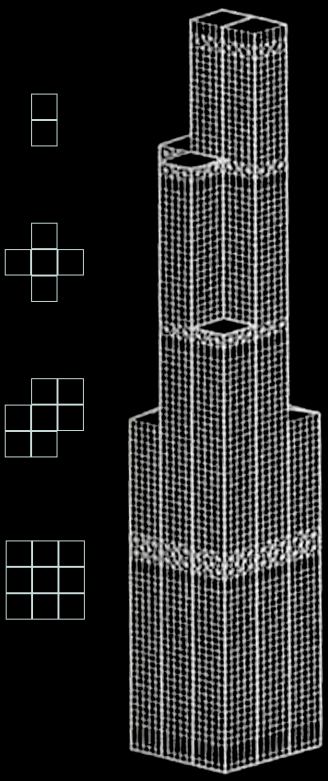
Notes

«The Tall Buildings Reference Book» écrit par Dave Parker et Antony Wood nous transmet quelques exemples de systèmes structuraux conventionnels pour des bâtiments de très grande hauteur, Il existe différentes manière de gérer l'altitude, en commençant par une simple ossature, puis un cœur structurel avec et sans stabilisateur, en cinquième une façade rideau renforcée, et enfin un système de treillis généralisé. La forme de la structure n'est officiellement pas définies mais doit répondre des forces extérieures qui agissent sur la tour. (Dessin original par Ron Slade)

Les Parties de la Tour

Il est possible d'illustrer ce phénomène avec la section de la tour Willis de Chicago, qui dans la taille de ces différents volumes, dessine un allègement de sa masse au fur et à mesure de sa hauteur, reprenant ainsi dans sa section, le moment de force dû au vent comme une console verticale ou le efforts les plus conséquent sont à la base de l'édifice. Les différentes typologies d'étages en lien avec la grille suivent cette logique.

Les conditions de soutien dictent qu'il n'y a qu'une seule direction pour les charges, du haut vers le bas. La conception de bâtiments de grande hauteur réside dans la sélection de systèmes appropriés pour transporter ces forces de l'endroit où elles se produisent jusqu'aux fondations de la structure.



Notes

L'axonométrie de la tour Willis de Chicago construit par le bureau Skidmore, Owings and Merrill montre un allégement de la structure et une correspondance avec une typologie de plan utilisable. Les formes du plan suivent une soustraction simple de la grille.

Les Parties de la Tour

Le Contreventement

Un fait facilement observé au sujet des bâtiments de grande hauteur, est que les «charges» de vent au sommet sont souvent déterminantes, le cisaillement du vent agissant sur ce dernier.

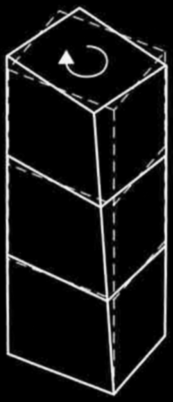
Des formes architecturales permettent de réduire les charges du vent et donc de cisaillement. Le vent crée également des forces de portance, ou des vents de travers. Les effets de vent de travers sont dus à l'excrétion de tourbillons. Des tourbillons discrets de vent se séparent des faces du bâtiment voisin ou simplement de l'environnement, générant ainsi des forces d'aspiration alternées, entraînant des déviations et des accélérations latérales de torsion sur d'autres bâtiments.

Le mouvement résultant est appelé oscillation induite par vortex. L'augmentation de la rigidité du bâtiment augmente la fréquence de balancement du bâtiment et donc minimise sa déformation.

Les déformations en torsion peuvent aggraver les systèmes de cadre , en particulier le long de la façade; elles doivent être identifiées lors de la conception et atténuées lorsque cela est possible. La torsion peut aussi résulter de la forme asymétrique du bâtiment ou de l'excentricité entre le centre de rigidité du système structurel, le noyau et le point d'application du vent, le périmètre. La rigidité en torsion peut être améliorée en plaçant des éléments latéraux résistant à la charge aussi loin que possible du centre du bâtiment.

Le contre-balancement global au sommet d'un immeuble de grande hauteur est primordial pour le confort des occupants dans des conditions venteuses. Le balancement résulte des comportements en flexion et de cisaillement combinées, appelé dérive de flexion. Elle augment de plus en plus au fur et à mesure des étages donnant une torsion au bâtiment.





Notes

La figure du haut représente les effets de tourbillons émergeants d'un bâtiment ou d"un obstacle voisin. Le vent doit être perçu comme un fluide, il est donc possible de déduire globalement les directions ou les points d'aspiration sur un site particulier. La deuxième figure dessine les effets du vent sur un bâtiment vertical d'un point de vue tridimensionnelles, la flexion additionné d'un cisaillement provoque un effet de torsion depuis la base de l'édifice, appelé dérive de flexion. Ce phénomène peut endommager les façades de très hauts bâtiments.

Les Parties de la Tour

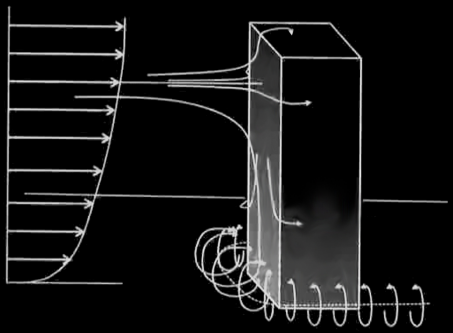
«Le rayonnage», l'ossature entre étages est particulièrement important lorsque l'on considère une interaction entre les façades non porteuses et le système structurel primaire, le noyau central. Les stabilisateurs réduisent la dérive globale entre les étages en utilisant la rigidité verticale des colonnes périmétriques pour générer un moment dans l'inclinaison opposée du noyau contreventé. Les stabilisateurs à plusieurs niveaux réduisent la dérive globale de manière plus efficace.

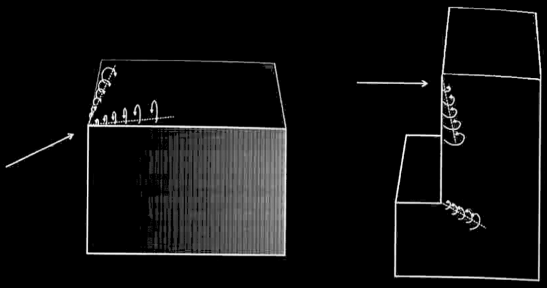
Lorsque toutes les colonnes de périmètre sont engagées par des stabilisateurs et des courroies de ceinture, le nombre de déchirures de noyau et de périmètre est considérablement réduit.

Étant donné que la vitesse du vent est plus importante à des altitudes plus élevées, l'air impacte la face au vent du bâtiment et génère des pressions positives plus élevées près du sommet que vers le bas du bâtiment : Il y a donc un écoulement vers le bas face au vent.

La pression la plus élevée se trouve à peu près aux trois quarts de la hauteur, elle passe par un point de stagnation au centre de la face, vers la base, où la pression est plus basse. Au sommet de la face au vent, la pression positive est atténuée par la capacité du vent à s'échapper par le toit. L'écoulement le long de la façade situé face au vent forme un vortex lorsqu'il se rapproche du niveau du sol et ce vortex s'enroule autour de la base du bâtiment en forme de fer à cheval.

Près des coins au vent des flancs du bâtiment, de forts tourbillons peuvent se former, en particulier à proximité de discontinuités telles que le coin supérieur ou les marges de recul, comme illustré. Celles-ci sont la cause de «points chauds» locaux d'aspiration extrêmement élevée, connus pour aspirer les fenêtres des bâtiments.





Notes

La figure du haut nous explique, dans une situation ou l'interaction du vent se fait avec une forme parallélépipédique standard. Comme le vent peut s'échapper par le sommet du bâtiment le point le plus fort de l'accumulation se fait au trois quart de la structure. La deuxième figure montre l'effet de tourbillons qui agissent au coin d'une structure. Les forces dépendantes de la vitesse du vent peuvent déchirer la façade, la forme des arêtes dans certaines positions devront répondre de la dynamique du vent.

Les Parties de la Tour

Les figures de la page 95 illustrent les descriptions qui vont suivire.

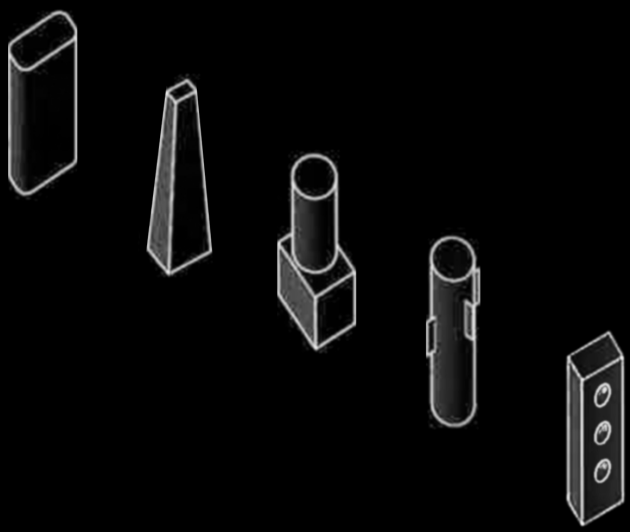
Premièrement, les coins comme les formes carrées ou rectangulaires, sont très courantes dans les bâtiments et subissent des forces de formation de vortex relativement fortes. Il s'est avéré que si les angles peuvent être «adoucis» par chanfreinage, arrondissage ou insertion, les forces d'excitation peuvent être considérablement réduites. Un tel adoucissement devrait s'étendre sur environ 10% de la largeur du bâtiment à partir du coin.

Deuxièmement, l'effilage et le recul, si la largeur peut être modifiée jusqu'à la hauteur du bâtiment par le biais d'une réduction ou d'un retrait, les tourbillons essaieront alors de survenir à différentes fréquences et à différentes hauteurs. En conséquence, ils deviennent «confus» et incohérents, ce qui peut considérablement réduire les forces de fluctuation associées.

Une variation de la forme de la section à un effet similaire qui peut être obtenu en modifiant celle-ci en augmentant dans la hauteur, par exemple du carré au rond, cela a pour effet de déséquilibrer les tourbillons.

Des ailettes externes peuvent également réduire les effets de vortex en ajoutant des obstacles au vent à l'extérieur du bâtiment. La forme la plus connue d'obstacle est la virure en spirale utilisée sur les cheminées circulaires. Sur le plan architectural et pratique, la virure laisse à désirer sur les bâtiments, mais d'autres types d'éléments pourraient être utilisés, commes des ailettes verticales à des intervalles différents allant jusqu'au sommet.

Enfin une autre solution consiste à laisser l'air s'échapper à travers le bâtiment par des ouvertures ou des sections poreuses. La formation des tourbillons s'affaiblit et est perturbée par la circulation de l'air à travers la structure.



Notes

Différentes formes permettent de compenser les efforts liés au vent. Elle doivent être prises en compte dans l'élaboration de la forme générale du bâtiment mais peuvent aussi être utilisées directement sur les éléments unitaires de la façade rideau, comme des ailettes externes préalablement encastrées dans un élément de façade.

Les Parties de la Tour

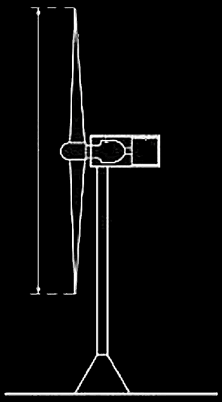
Quelle énergie est il possible d'exploiter face au vent? L'énergie éolienne offre de nombreux avantages potentiels et constitue actuellement la source d'énergie à la croissance la plus rapide au monde. Une partie de cette popularité est due à la perception de l'énergie éolienne en tant que technologie propre.

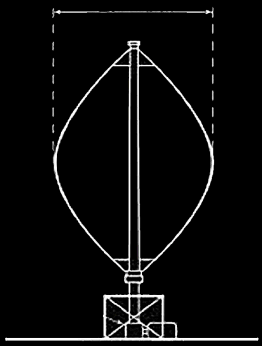
Des éoliennes à axe horizontal relativement petites, montées sur les toits de bâtiments de hauteur moyenne à basse en milieu urbain, se sont révélées inefficaces et peu économiques. Le flux d'air turbulent dans les bas niveaux de l'édifice est le principal facteur de la mauvaise performance.

Le potentiel d'exploitation de ce flux d'énergie renouvelable et «inépuisable» est donc élevé. Il suffit en principe de placer une turbine à axe horizontal de la taille d'un parc éolien sur le toit d'un bâtiment de grande hauteur.

Les charges introduites dans la structure du bâtiment seront très élevées et les vibrations pourraient également être un problème majeur. Un ensemble de petites turbines constituerait une alternative plus réaliste, mais il faudrait tout de même tenir compte des vibrations.

L'éolienne à axe vertical est une alternative moins connue mais presque aussi développée. Cela présente l'avantage de placer le générateur lourd à un niveau bas dans le bâtiment, et simplifie ainsi la maintenance et réduit le poids de la structure. Il est important de souligner que pendant une partie de leur révolution, les pales se déplacent dans une certaine mesure contre le vent, donc si celle-ci tourne contre la gravité elle tendent à alléger la structure.





Notes

Ci-dessus les deux figures basiques de l'éolienne, celle de gauche à axe horizontale est la plus communément utilisée et nécessite que le générateur soit aligne avec l'axe de la turbine, soit au même niveau que l'axe. Dans la deuxième alternative, l'axe se positionnant verticalement, de part son poids le générateur pourrait se trouver en bas de l'édifice, alors que les pales se trouverai tout en haut, là ou les forces du vent sont les plus fortes.

Les Dispositifs de Distributions

Les Dispositifs de Circulations

Le nombre d'étages à desservir détermine le travail à effectuer pour déplacer les personnes vers leurs destinations souhaitées, et la fonction du bâtiment (par exemple, commerciale, résidentielle, hôtelière), détermine le type de circulation pour lequel le système doit être adapté.

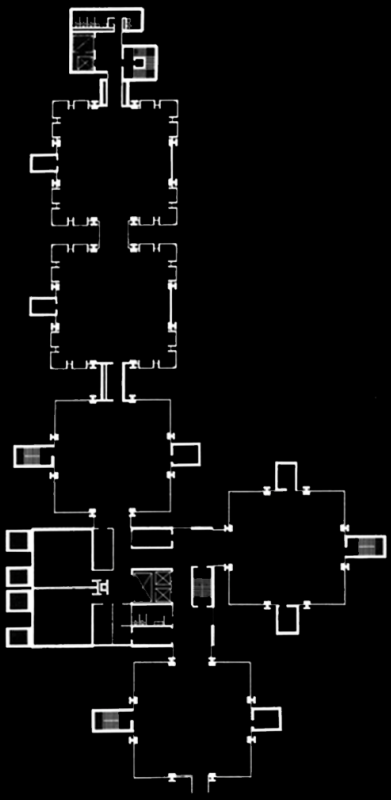
Pour les habitations, la circulation de pointe se produit généralement en soirée, mais il s'agit là encore d'une circulation mixte à double sens dans lequel des personnes entrent et sortent du bâtiment. Cependant, dans chaque établissement, le facteur le plus important est le nombre de personnes pour lequel le système doit être planifié.

Cette estimation aura des effets durables sur l'utilité du bâtiment au cours de sa vie. Au final, c'est toujours l'estimation du nombre de personnes attendues qui détermine la nature du système de circulation et qui dessine ainsi les différents flux.

Le cœur structurel dans le cas d'une tour, paraît plus propice à reprendre une partie des voies de circulation verticale. Dans une économie de matériaux, le système doit se dessiner linéairement le long du bâtiment, afin de minimiser les intersections et les articulations avec les étages supérieurs.

Les escaliers de secours verticaux, compensant les chemins d'accès par ascenseurs, doivent dans l'idéal être identiques, dans l'optique d'utiliser les même éléments de construction pour l'ensemble du bâtiment.

Les cages d'escaliers peuvent facilement devenir des facteurs de nuisances sonores. Il est donc nécessaire pour des raisons acoustiques de fermer les cages d'escalier, en effet le bruit s'engouffrant dans la cage, il est amplifié d'étage en étage. Les risques d'incendies constituent aussi une des raisons pour laquelle les cages d'escalier doivent être encloisonnées.



Notes

Louis Kahn dans le plan du Laboratoires de recherche médicale Richards à l'Université de Pennsylvanie à Philadelphie, place les zones de services dans des structures séparées. Kahn a non seulement honoré les services en leur donnant leur propre présence architecturale, mais a également amélioré l'intérieur des tours de laboratoire en supprimant les obstacles de l'intérieur. Un choix typologique opposée au mode de conception vertical de Mies qui place le noyau en son centre.

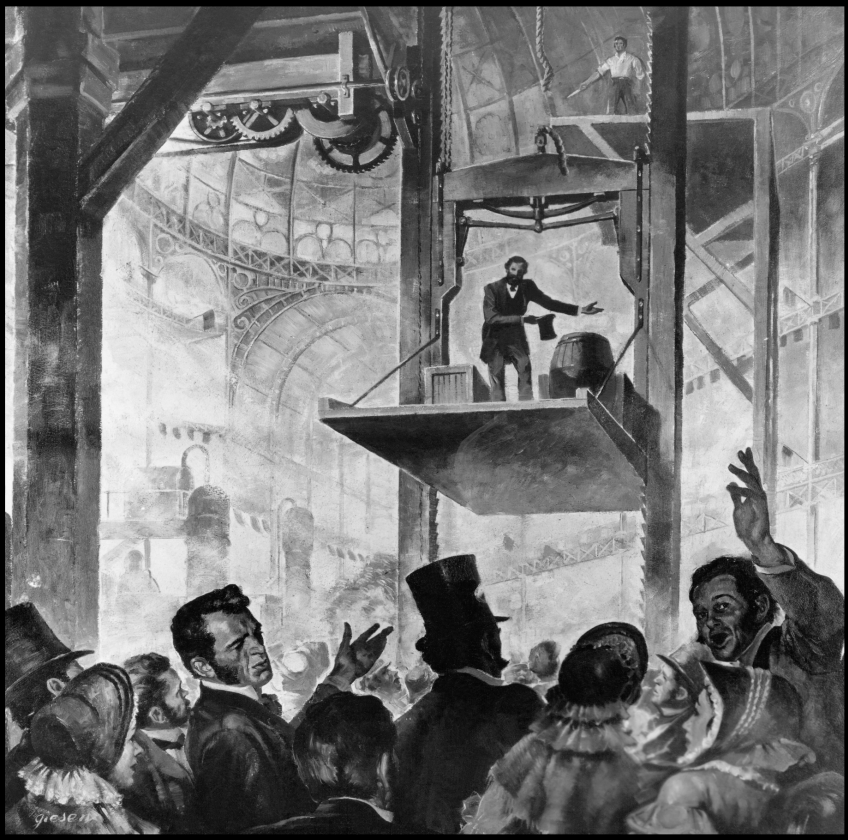
Les Dispositifs de Distributions

Comparés aux éléments de la tour considérés jusqu'à présent, les ascenseurs représentent une proportion relativement faible du coût total de la construction. Cependant, ils font partie intégrante de la conception de base et leur stratégie aidera à améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment, ainsi que son efficacité opérationnelle.

Dans le cas d'une tour, le fait d'obtenir des temps de trajet optimaux et des intervalles raisonnalble entre les attentes des utilisateurs de l'immeuble, permettra de réaliser le meilleur ajustement possible entre le nombre, la taille et la vitesse des ascenseurs, les incidences en termes de coût et de surface devant être évaluées dans une vision d'ensemble des flux.

Avant le XIXe siècle, les grands bâtiments étaient accessibles presque exclusivement par un escalier, une rampe ou une passerelle. Bien que les ascenseurs soient apparus à l'époque romaine, c'est le développement de la vapeur qui a motivé leur utilisation dans les usines, les mines et les entrepôts. Les premières conceptions avaient un bilan de sécurité médiocre et ne voyaient donc pas d'utilisation plus généralisée.

En 1853, Elisha Otis a inventé le dispositif de sécurité qui empêchait l'ascenseur de tomber en cas de défaillance du câble de suspension. Pour de nombreux historiens, cet événement unique présageait le développement de la ville moderne, car il rendait les immeubles de grande hauteur beaucoup plus utilisables que par le passé. Les immeubles d'ascenseurs de New York, de la société « Equitable Life Assurance Society » de style français du Second Empire, datant de 1868, ont été conçus par Elisha Graves Otis qui avait présenté le premier ascenseur en 1853, ce n'est qu'à partir des années 1860 que la nouvelle technologie, qu'elle soit à vapeur ou hydraulique, a atteint un stade avancé de développement.
« L'Equitable Life Assurance Society » présentait la première utilisation dans un immeuble de bureaux de deux ascenseurs à vapeur.



Notes

La fameuse représentation de Elisha Otis durant la foire de Coney Island à New-York au début du XXème siècle. Otis n'est pas l'inventeur du système d'ascenceurs, les système de poulies ou de levage exisaient déja depuis longtemps mais il fut le premier à créer un système de freinage d'urgence élaboré pour les grands immeubles de cette époque. Sur l'image on peut voir un personnage couper le cable de levage de l'ascenceur.

Les Dispositifs de Distributions

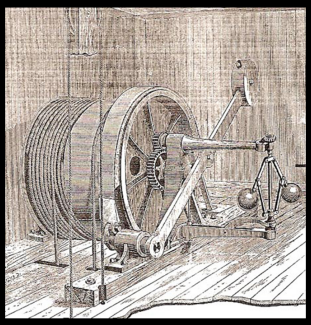
Bien qu'un dispositif semblable à un escalator ait été inventé en 1859 et mis en service pour la première fois en 1891, Otis acheta les droits de fabrication de l'escalator en 1899 : les fondations du système de circulation moderne étaient en place.

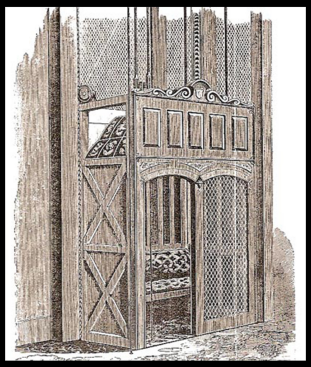
Traditionnellement, une cabine d'ascenseur est liée à un contrepoids via un système à poulies. Une voiture ascendante remplie de passagers a évidemment besoin de puissance pour monter, généralement de l'électricité.

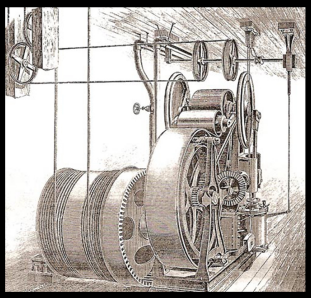
De l'énergie est dissipée sous forme de chaleur dans un ensemble de résistances lors du freinage, ce qui réduit l'efficacité et crée des charges thermiques supplémentaires dans le bâtiment. À l'inverse, de l'électricité est générée lorsque l'élévateur monte avec une charge légère, descend avec une charge importante ou pendant la décélération de l'élévateur.

Il est possible d'imaginer un système de production d'électricité provenant des ascenseurs eux-mêmes. Cette électricité est renvoyée sur le réseau électrique du bâtiment pour être réutilisée pour des tâches telles que l'éclairage ou la ventilation.

Un tel système de récupération peut réduire la consommation globale d'énergie des ascenseurs jusqu'à 70% par rapport à un système traditionnel, réduisant ainsi les coûts d'exploitation des bâtiments et permettant aux propriétaires et aux locataires de réaliser des économies annuelles considérables.







Notes

Les trois gravures représentent toute la logistique des premiers ascenseurs de Otis. Mécaniquement les systèmes ont besoin d'une cabine mais aussi d'un système de levage en bas, et d'un système de poulie et de freinage d'urgence en haut. L'ensemble du système nécessite des locaux d'un volume conséquent. Leur présence est acoustiquement nuisible et leur poids évident dans le dimensionnement de l'édifice.

Les Dispositifs de Distributions

Les Dispositifs de Distributions d'Eau

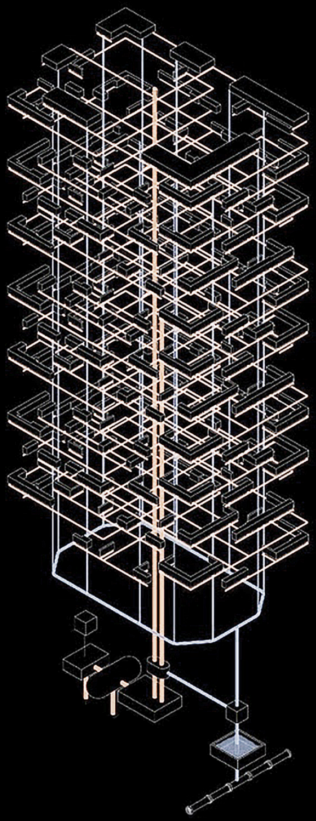
La mise en œuvre de systèmes de récupération d'eau de pluie pourrait économiser une quantité d'eau considérable sur une base annuelle, jusqu'à 50% de l'eau consommée. Les flux d'eau sont généralement combinés à d'autres flux contaminés et finissent dans une station de traitement municipale.

Un autre traitement est ensuite nécessaire pour toute l'eau contaminée, afin de fournir de l'eau potable aux consommateurs. Cependant, la plupart des bâtiments utilisent aujourd'hui l'eau potable du réseau municipal pour produire non seulement l'eau du robinet, mais aussi pour l'irrigation paysagère et de nombreuses autres applications pour lesquelles la qualité de l'eau potable n'est pas nécessaire. Il est possible d'économiser une quantité importante d'eau potable en utilisant les eaux de pluie collectées avant qu'elles ne se mélangent.

L'eau collectée est d'abord traitée par un système de filtration de gestion des eaux pluviales et transférée dans un grand réservoir de stockage, puis redistribuée dans le réseau spécifique à son utilisation.

Les eaux usées des éviers, des douches et des systèmes de blanchisserie ainsi que toutes les eaux grises sont réutilisables du point de vue thermique. Les immeubles de grandes hauteurs à usage mixte entre habitations et services offrent des profils de consommation d'eau et de production d'eaux grises qui peuvent être équilibrés pour être réutilisés.

Certains bâtiments dotés de sous-sols profonds utilisent des pompes de puisard pour garder le sous-sol à sec. Les eaux souterraines ainsi collectées peuvent également être stockées après avoir traversé le système de filtration des eaux pluviales et fonctionner comme un système de drainage simple.



Notes

La tour Bosco Verticale situé à Milan utilise tout un stratagème pour irriguer sa façade. De l'eau souterraine est continuellement extraite pour nourrir chaque volume de terres suspendues. rendant ainsi l'habitant indépendant de l'entretien et de la maintenance de sa façade végétalisé. Le message symbolique de «l'arbre» étant présent, les besoins en ressource primaire sont très imposant pour le résultat obtenu. Est-il vraiment nécessaire d'envisager un tels réseau pour une forêt verticale ayant un rôle seulement esthétique?

Les Dispositifs de Distributions

Les Dispositifs Thermiques

Les pompes à chaleur peuvent être considérées comme des «réfrigérateurs en sens inverse», faisant circuler un fluide dans une tuyauterie enterrée appelée «boucle souterraine», puis extrayant l'énergie du fluide et la transférant vers le système de chauffage ou d'eau chaude sanitaire.

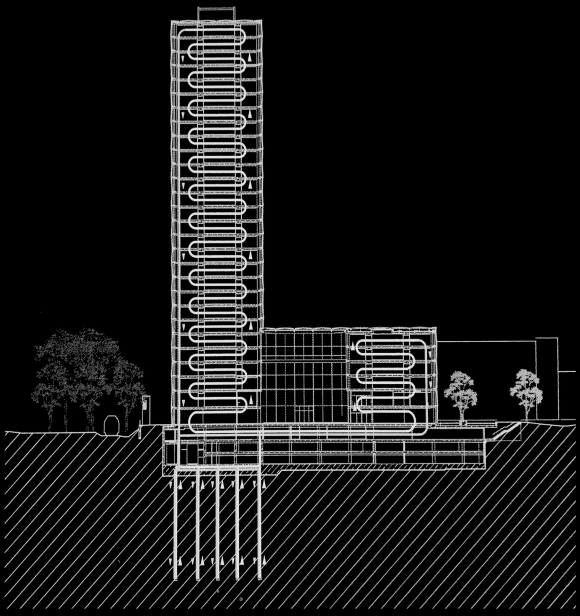
En pratique, la plupart des pompes à chaleur modernes utilisent 1 kilowatt/heure d'énergie pour extraire au moins 3 kilowatts/heure d'énergie du sol ou d'autres sources, telles que des étangs, des lacs ou même des aquifères souterrains. Le bilan énérgetique de ces appareils technologiques est donc positif.

ans oublier bien sur, l'énergie thermique du soleil qui est utilisée depuis l'Antiquité pour améliorer l'environnement interne des bâtiments. Aujourd'hui, il existe plusieurs technologies bien développées.

Les capteurs solaires thermiques intégrés aux façades sont disponibles dans une large gamme de tailles, de finitions et de niveaux de complexité. Certains absorbent la chaleur solaire dans un fluide, d'autres produisent de l'air chaud, mais le réseau engendré par ce type de dispositifs devient très complexe.

En été, ces collecteurs ont également une fonction d'ombrage importante. La chaleur excédentaire peut être rejetée dans l'atmosphère ou transférée dans un réservoir d'énergie.

Dans certain cas, il peut être possible de puiser dans un cours d'eau à proximité et de mettre en place un projet hydroélectrique à petite échelle. Cela présente l'avantage d'une production d'énergie raisonnable, bien que des variations saisonnières soient probables.



Notes

La tour Suddeutcher Verlag construite par le cabinet d'architecture berlinois GKK + Architects se situant à Munich possède un système de géothermie optimale pour un bâtiment vertical de 100m. La chaleur est directement extraite du sol par une pompe à chaleur, qu'il est possibe de voir à travers la section de l'édifice: le plus important dans l'exploitation de ce système est l'emplacement de la source de chaleur.

Les Dispositifs de Distributions

Les Dispositifs Anti-Incendie

Les principaux effets d'un incendie sur le système structurel sont une dilatation thermique, une résistance et une rigidité réduites qui peuvent entraîner des dommages ou des défaillances des composants et des connexions de la structure, qui, s'ils étaient généralisés, pourraient potentiellement entraîner un effondrement induit par le feu. Les occupants peuvent être exposés à la chaleur, à la fumée et à des gaz toxiques, il est donc important de bien définir son système de cloisonnement.

Les configurations du bâtiment pour limiter les incendies peuvent inclure un rapport hauteur et base réduit, ce qui définit l'extrusion verticale comme ne favorisant pas une protection contre les incendies.

Des hauteurs de plancher égales, une forme de plan symétrique, une résistance équilibrée dans toutes les directions, une résistance maximale à la torsion et un chemin de charge direct sans porte-à-faux, peuvent limiter les risque dû aux incendies et aux différents dégâts créés.

Certaines configurations de bâtiments, telles que les formes en U ou en L, ou les bâtiments aux angles rentrants tendent à piéger et à réfléchir les ondes de choc, amplifiant les effets de souffle du feu provenant d'une explosion. Des portées longues et ininterrompues et de grands compartiments peuvent rendre le bâtiment vulnérable aux incendies, ils nécessitent des précautions de coisonnement particulières pour leur protection.



Notes

Une photographie après Incendie de la tour Grenfell à Londre en juin 2017 ayant fait 70 morts. L'incident nous rappelle à quel point les bâtiments verticaux ont des bases propices aux développements des incendies, le bâtiment ne possèant pas de compartimentage aux normes.

Les Dispositifs de Distributions

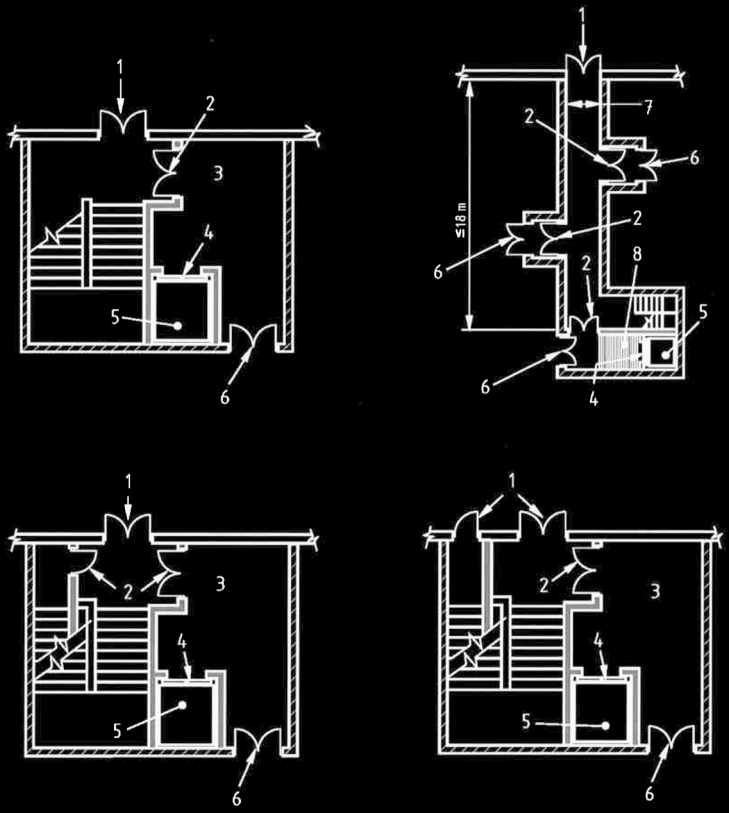
La redondance structurelle améliore la robustesse du bâtiment et atténue les effondrements disproportionnés. Les systèmes structurels qui fournissent un chemin de charge continu pour toutes les charges verticales et latérales, dans lesquels les composants structurels sont liés ensemble avec de bonnes connexions, sont recommandés.

Les systèmes de sécurité des personnes comprennent les systèmes de protection incendie active et passive, le système d'alarme incendie et les systèmes d'accès de sortie et d'urgence. Les systèmes de protection contre les incendies, y compris les sprinklers et autres systèmes spécialisés de suppression, de détection ou d'alarme incendie, de cloisonnement, de contrôle de la fumée et d'ignifugation de structures, sont essentiels à la sécurité des bâtiments de grande hauteur en raison de la probabilité élevée qu'un incendie se produise pendant la durée de service.

La combustibilité et l'inflammabilité du contenu, l'utilisation de pare-fumée ou d'ensembles coupe-feu pour contenir la chaleur et la fumée, ainsi que les systèmes d'alarme incendie pour avertir les occupants, sont les principaux moyens de limiter les risques d'accidents pour les occupants.

Les conceptions d'immeubles de grande hauteur devraient prendre en compte le temps d'évacuation global des occupants par rapport au début d'une situation dangereuse, y compris la distance de déplacement, le nombre et l'emplacement des issues, ainsi que la largeur des cages d'escalier et des portes d'accès.

Lorsque les intervenants d'urgence accompagnent l'évacuation de personnes, il s'agit probablement de personnes à mobilité réduite : il est essentiel de fournir aux pompiers des accès d'urgence afin qu'ils puissent atteindre les occupants et les sortir du bâtiment sans bloquer les escaliers.



1. Accès de secours anti-incendie au puit de lutte depuis chaque étage
2. Porte coupe-feu résistante 30min sans coupe fumée
3. Foyer par-feu
4. Porte coupe-feu résistante 30min avec coupe fumée
5. Ascenceur isolée contre le feu
6. Porte coupe feu resistant 60min sans coupe fumée
7. Largeur du couloir 500 mm plus large que nécessaire pour les moyens d'évacuation
8. Point de rassemblement des services d'incendie et de secours

Résistance minimale au feu d'1 heure des deux côtés

Résistance minimale au feu de 2 heures de l'extérieur du puits de lutte contre l'incendie et de 1 heure de l'intérieur le puits de lutte contre l'incendie

Notes

Aménagements type de sortie de secours à l'intérieur du noyau. Les sorties d'échappés, pouvant être autant les escaliers que les ascenseurs, doivent généralement rester fonctionnelles même durant un incendie.

Les Dispositifs de Distributions

L'eau reste le principal moyen de lutte contre les incendies. Il est relativement simple de pomper et il existe des solutions bien établies pour fournir de l'eau aux pompiers.

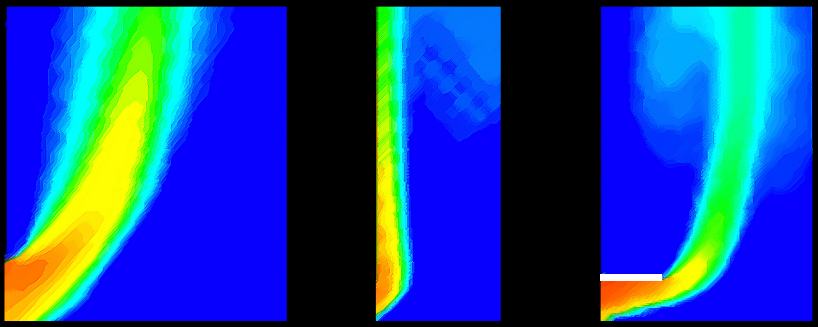
Une approche largement acceptée pour garantir que les effets du feu ne deviennent pas disproportionnés consiste à concevoir une résistance structurelle au feu adaptée aux compartiments coupe-feu individuels.
La sévérité du feu à laquelle la structure est exposée peut être calculée à l'aide de méthodes, ainsi que la résistance au feu de la structure appliquée pour correspondre à cette période de «combustion».

Pour atteindre un niveau de protection suffisamment robuste, il est préférable d'utiliser des méthodes de construction en béton, en blocs ou d'autres méthodes intrinsèquement robustes plutôt que des cloisons légères, une construction bois n'est donc pas forcement recommendable.

Chaque étage de l'immeuble devrait être un étage compartimenté. Les ouvertures entre les étages devraient être soit protégées en introduisant un cloisonnement entre les zones dangereuses et le vide, soit en combinant des méthodes de suppression et de contrôle de la fumée.

Des noyaux d'échappement et des noyaux pour la lutte contre les incendies doivent être disponibles pour être utilisés en cas de feu, il est essentiel qu'ils ne soient pas compromis par la fumée.

Les activités de lutte contre les incendies peuvent souvent introduire des quantités importantes de fumée dans les parties des voies d'évacuation.
Les normes exigent un moyen de garder les sols, les escaliers de secours et les vestibules libres de fumée en cas d'incendie. Dans les immeubles de grande hauteur, l'ouverture des façades n'est généralement pas une option; un système mécanique d'évacuation de la fumée et d'alimentation en air est donc nécessaire.



Notes

D'après une modélisation de IER Galea, D Berhane, NA Hoffmann dans un article de la faculté d'architecture de l'Université de Greenwich au Etats-Unis, le développement du jet d'une flamme en laboratoire sortant d'une fenêtre varie en fonction de la géométrie de la fenêtre. Une fenêtre étroite fera sortir la flamme avec un décollement . Dans le cas d'une large fenêtre, la flemme reste collé contre le mur et augmente sa combustion. Finalement avec un retour de fenêtre de 1m, la flemme est éjecté comme le premier cas avec une diminution de la surface d'air chaud.

Les Dispositifs de Distributions

Le Dispositifs de Ventilation

Les immeubles de grande hauteur représentent un défi pour l'architecte. Ils représentent également, ou peut-être même davantage, un défi pour l'ingénieur qui conçoit la structure porteuse et la façade.

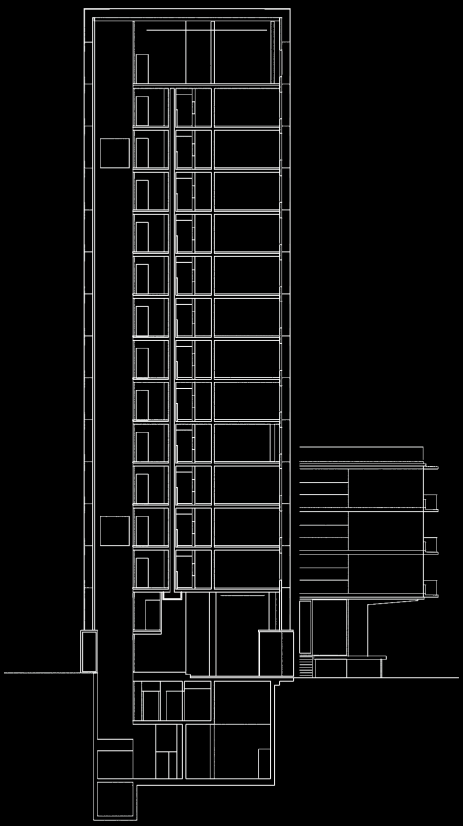
Les forces éoliennes, les risques sismiques, la nécessité de réduire la consommation des ressources, qui nécessitent une minimisation des matériaux de construction utilisés doivent tous être pris en compte. A long terme aussi, une ventilation inadéquate peut affecter de manière significative la santé des utilisateurs du bâtiment.

Une solution courante permettant une ventilation naturelle dans les immeubles de grande hauteur consiste à utiliser des façades à double peau.

Les utilisateurs peuvent ainsi ouvrir des fenêtres dans la façade principale de la peau intérieure, tandis que les différences de pression sont amorties par la façade secondaire extérieure. Cette solution est bien éprouvée et conduit généralement à des résultats satisfaisants.

Cependant, une attention particulière doit être accordée à la ventilation constante de l'espace entre les peaux primaire et secondaire, sinon l'air dans l'espace peut surchauffer en raison du rayonnement solaire.

L'utilisation de pare-soleil est envisageable dans la perspective de contrer cet apport solaire, mais le système doit comporter un mécanisme réglable manuellement, afin de permettre à l'individu de gérer son environnement.



Notes

La Tour de l'Office fédéral de la Statistique à Neuchâtel en Suisse est essentiellement une double peau. Le prisme de verre agit comme un régulateur et comme une zone tampon entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Ce procédé est idéal pour des bâtiments situé à nos latitudes. La coupe du bâtiment relève bien cet éléments de façade qui étanchéifie l'ensemble de l'immeuble.

L'Économie de la Tour

Le Cycle Economique de la Tour

Ce qui est vue comme «grand» varie selon la perspective, qu'il s'agisse d'une perspective architecturale, urbanistique, technique, de sécurité incendie, de sécurité des personnes ou autre. D'un point de vue financier, cela tient à un certain nombre de raisons.

Les tours coûtent intrinsèquement plus cher par unité de surface de plancher, prennent plus de temps à développer et à construire et sont moins efficaces en termes de surface de plancher nette/brute que les constructions de faible hauteur.

Le défi consiste à tirer le maximum de chaque efficacité possible, chaque franc économisé, chaque mètre carré de surface locative créée dans la même enveloppe constituent un avantage.

En règle générale, l'augmentation des dépenses d'une tour est due à l'augmentation de la charge du vent et la nécessité de cadres de fenêtre plus lourds, l'augmentation du nombre, de la capacité et de la vitesse des ascenseurs, l'augmentation de la capacité et de l'espace nécessaires pour accueillir les installations mécanique, électrique, ainsi que la plomberie, et enfin une distribution des services sur de longues distances verticales.

Cela reflète d'une autre part la facon de compacter le plus possible les nouvelles construction et permet de limiter l'impact global de l'expension du tissu urbain sur le territoire. Son impact dans le paysage doit donc être pensé et doit agir comme un symbole de nouveauté, de modernité, mais aussi dialoguer avec son environnement.



Notes

Le moulin à vent Romeo et Juliette de Franck Lloyd Wright illustre parfaitement bien cette poétique d'un dialogue entre le bâtiment et son environnement. L'édifice se dresse au dessus de la forêt, son plan se compose de deux formes géométriquement pures, le losange et l'hexagone, qui s'entremêle dans une combinaison de bois et de béton.

L'Économie de la Tour

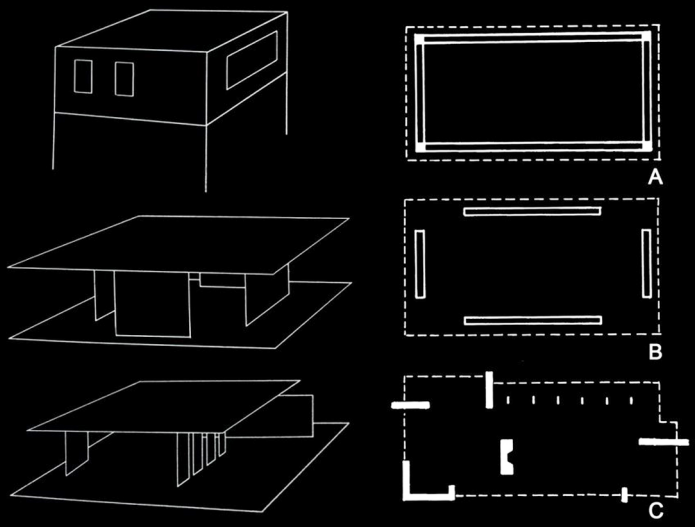
L'Économie des Matériaux

La logistique de la construction d'un bâtiment de grande hauteur, y compris le grutage intensif ou le levage, ainsi que la durée accrue du chantier, pousse à augmenter les coûts de construction du bâtiment.
Les immeubles de grande hauteur sont moins efficaces que les immeubles de faible hauteur pour les raisons suivantes: leur structure est plus grande, les systèmes de distribution de services occupent une plus grande superficie, les ascenseurs sont plus nombreux et de plus en plus grands. les lobbys et la circulation associés sont de plus en plus spacieux.

La forme, en particulier la taille et la configuration des surfaces utiles de plancher, détermine l'efficacité du bâtiment et la rapidité de la construction. Ceci, ajouté au fait qu'il a un effet profond sur le coût de la superstructure et de la façade qui peuvent contribuer à 50% des coûts nets des éléments, la planification d'une construction se doit d'être optimisée au maximum. Son bilan énérgetique final et la securité ses occupants se doivent d'être assurée.

Le rapport mur et sol est l'une des principales implications de la forme. Il représente la surface de mur à construire pour chaque unité de surface de plancher. Par conséquent, du point de vue des coûts, plus l'indice est bas, plus le système est économique.

Le deuxième rapport est la division entre la somme des surfaces nettes, sur la somme des surfaces brutes. Cela nous donne ainsi l'indice d'économie générale des coûts sur les épaisseurs de murs de l'ensemble du bâtiment.



Notes

La destruction progressive de la boite nous permet une économie générale sur le rapport mur/sol. Depuis le haut de de la page, l'étage peut être vue comme une boîte fermée, puis seulement en surface et enfin en éléments. Dans la dernière proposition, il est important de souligner l'impact des surfaces vitrées que cela engendrera dans l'arrangement ou seulement les éléments fondent l'espace,, le climat suisse nécessite une étanchéité à l'extérieure particulière. Les dessins de Bryce Stoneham illustre la décomposition de l'espace clos dans la tour.

L'Économie de la Tour

L'Economie de la Structure

La taille et la forme de la surface de plancher auront un impact fondamental sur l'emplacement et la configuration du noyau, dont la conception joue un rôle clé dans la maximisation et l'efficacité de la surface net de plancher et optimise les économies de coût sur la structure.

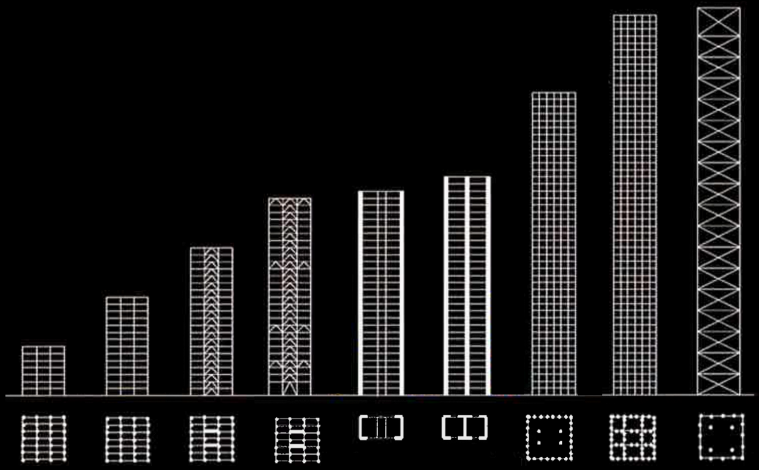
La hauteur réduit généralement ces rendements, car les zones centrales structurelles, les noyaux, se dilatent afin de répondre aux exigences de la circulation verticale et résister aux charges du vent.

La taille et la régularité des positions des planchers détermineront dans une large mesure à quel point ces effets sont intégrés dans les mesures d'économie de murs et d'épaisseurs de matériaux du bâtiment.

Le coût de la structure est essentiellement le résultat du poids et de la complexité du système choisi. Qu'elles sont alors les différentes formes que doit adopter la structure pour rationaliser les coûts? La forme de la structure détermine fondamentalement à la fois son poids et sa simplicité.

La variété de formes de bâtiments de grande hauteur explique un large éventail de coûts pour différentes structures. Le système de grille, le cœur structurel, le système de treillis généralisés sont autant de variantes possibles.

L'ensemble de ces systèmes doit être analysé en fonction des mesures d'économie de matériaux et répondre simultanément à l'exigence programmatique du projet.



Notes

Ron Slade nous offre une illustration des élévations correspondant à chaque système structurel dépendant de la hauteur de l'édifice. Dans une économie générale sur la structure Ron Slade dessine le plan type correspond au système structurel correspondant. Le plan subit les contraintes spatiales de la structure. Pour un bâtiment vertical il est emportant de bien choisir son type de structure en fonction des besoins du programme, en l'occurence le logement.

Le Programme de la Tour

L'Habitant

Dans l'exploration des conditions psychologiques de la vie urbaine moderne du début du XXème siècle, Hugh Ferris fut l'un des illustrateurs et des théoriciens conceptuels les plus influants. La vision futuriste de Hugh Ferris, sur l'implantation de gratte-ciels dans la perspective expansionniste américaine des années 1920, nous donne l'expression symbolique de son rapport au site, il nous décrira sa vision du «nouveau citadin»:

« Que ce soit dans les villes nouvelles ou existantes, la question de l'adaptation de ces nouveaux citadins est complexe. Il est de plus en plus reconnu que le modèle américain de centre-ville dense avec des banlieues massives, toujours en expansion, en raison de la nécessité de renforcer les infrastructures routières, d'électricité, d'éclairage, ou de traitement des déchets, est insoutenable

Il est toutefois de plus en plus admis que les villes doivent se densifier pour créer des modes de vie plus durables, réduire la dispersion horizontale des réseaux d'infrastructure et rendre l'utilisation des sols plus efficace, en partie pour conserver les terres «naturelles» à des fins écologique et agricoles.»

Dans un imaginaire qui semble sans frontière, il esquisse les futurs risques d'une densification et d'une occupation du sol généralisées, dont on semble aujourd'hui, en sentir les prémisses sur le territoire suisse.

Pour répondre à ces problématiques Hugh Ferris choisit de nous montrer le géant architectural qui résulterait dans le choix stratégique d'une compacité programmatique totale et les différentes problématiques engendrées par la densité à travers une série de «superconstruction».



Notes

Pour illustrer cette page le tableau « La Tentation de la Grande Ville» expose de façon romantique, l'imaginaire d'un jeune paysan réalisant son rêve d'atteindre « la ville », exprimant ainsi à travers son œuvre la volonté et la tendance à la centralisation par instinct grégaire ou nécessité économique de l'habitant des années 1920.

Le Programme de la Tour

Le Programme

Pour illustrer le programme, Hugh Ferris nous transmet une série de tableaux symbolisant les différents centres programmatiques de la ville future. Chaque bâtiment s'inscrit dans son langage et son expression comme un quartier centralisé de la ville, regroupant programme et infrastructure semblables en un seul et même bloc, nous démontrant ainsi l'impact visuel de la construction neuve dans les extrêmes de la compacité programmatique. Dans la troisième partie de « The Metropolis of Tomorrow », Hugh Ferris imagine la métropole du futur comme une sorte de plaine sur laquelle se dressent des gratte-ciels.

Le choix du fusain est le moyen graphique le plus approprié pour mettre en valeur ces procédés. Le choix d'un environnement nocturne donne à ces images un caractère étrange et fantomatique.

« La Direction des Affaires Commmerciales», une tour qui elle même se dresse au-dessus de l'intersection de deux principales autoroutes, entourée de huit autres tours deux fois plus petites, qui se connecte avec des ailes et occupent quatre blocs urbains. Huit blocs supplémentaires sont encore occupés par des annexes, hautes de douze étages.

Les deux atmosphères que Hugh Ferris imagina, reflètent le mode de vie de l'utilisateur du bâtiment, une transposition directe de celui-ci dans un espace tridimentionnel construit à sa mesure.



Notes

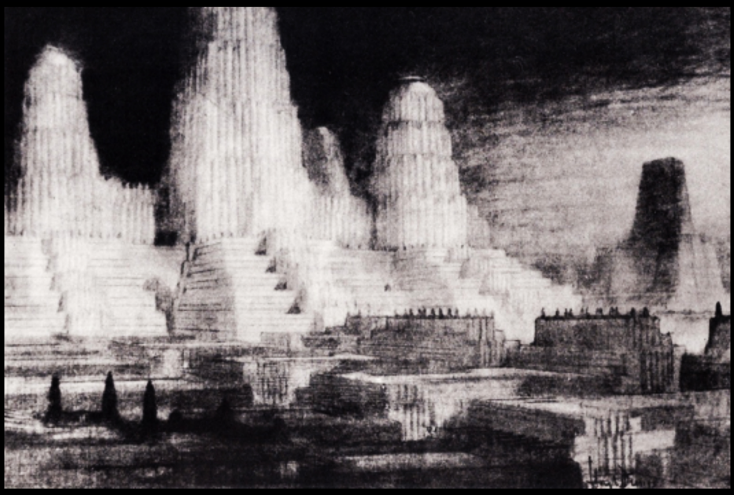
« La Direction des Affaires Commerciales » de la cité se dessine comme un groupe de bâtiments qui abrite le siège du gouvernement local comprenant trois branches : le législatif, le judiciaire et l'exécutif.

Le Programme de la Tour

Le quartiers des artistes assume une orientation solaire et un système de terrassement, afin d'assurer un confort optimal dans les parties extérieures et d'en assurer leur utilisation.

En vue de l'élimination des fumées industrielles, les toits de tous les petits immeubles ont été transformé en terrasse et en jardins d'agrément : avec soixante centimètres de terre sur les toits, on y cultive des arbres et on y trouve des piscines en plein air, le tout dans une disposition pyramidale de blocs qui surplombent la ville de part sa hauteur.

L'exemple programmatique qu'il serait possible de faire dans le future, une démonstration architecturale de l'impact d'un édifice moderne durable et écologique d'une telle dimension, en transposant l'ensemble d'un quartier d'habitation existant dans un seul et même bloc nouveau. Pour enfin illustrer par l'image l'impact visuel et atmosphérique généré par ce genre de «superconstruction».



Notes

« Le Centre Des Arts », situé proche du quartier des Affaires, il représente une vision symbolique d'un progrès accompli dans l'image de la cité idéale.

Conclusion

Conclusion

Face à l'étalement urbain en Suisse, une alternative stratégique sera développée à la suite de cet énoncé. Le choix d'une compacité maximale se fera faite à l'aide de l'argumentation et des critères d'influences des projections de la SIA 2040 et des conclusions qu'il est possible de tirer à travers l'histoire de la construction des bâtiments de fortes verticalités.

La conception d'une tour durable peut se résumé comme suit :

En première ligne l'intégration de la tour, l'analyse des 3 domaines de la mobilité, de la construction et de l'exploitation du site. Les trois domaines nécessitent d'être projetés dans un intervalle de temps connue afin de définir une limite de consommation globale du bâtiment.

Puis en fonction de la nature du site, le choix entre construction à neuf et rénovation, se doit d'être défini. Le rapport entre les capacités de l'ancien bâtiment et les nouveaux besoins, comme par exemple, l'intégration des nouveaux flux ou d'un nouveau système technique dans l'ancien bâtiment se doit d'être planifiés.

La première des matérialisations du projet sur le site sera : la résolution des problèmes de mobilité pour un accès optimal au site tout en incitant l'utilisateur à exploiter au maximum les moyens de transport durable et écologique comme la mobilité douce, les transports publics ou le vélo. Dans le même temps amplifier les infrastructures piétonnes et minimiser l'impact surfacique de la voiture.

Deuxièmement, la conception du gabarit de la Tour. L'objectif est d'abord de dessiner un gabarit qui se soumet au règlement en vigueur à l'emplacement du site, comme sa hauteur ou son rapport à la rue, dans un rapport tridimensionnel pyramidal des volumes pour ainsi contrer les phénomènes négatifs de la centralisation des constructions.

Conclusion

Le gabarit doit répondre de l'exigence et des besoins en lumière naturelle de la façon la plus optimale lors de l'élaboration des volumes; la compacité et l'alignement des sous sol sont autant de critères d'influences important dans l'élaboration du gabarit. Le système constructif sera pris en compte pour déterminer une forme de gabarit utilisable et exploitable pour le logement.

Troisièmement, le choix de la matérialité doit se faire dans les possibilités que nous offre les industries locales pour minimiser l'impact sur l'environnement et ainsi choisir les matériaux en fonction de leur proximité avec le site, leurs modes de fabrications, leur comportement sur le long terme et leur énergie à la production.

Leur utilisation vise à l'exploitation maximal des capacités spécifiques structurelles, chimico-réactive, acoustique, optique ou thermique de chaque matériaux comme l'acier, le béton, le bois ou le verre.

L'utilisation du béton pour les fondations et les encrages au sol se fera afin de rigidifier la base de la structure et répondre aux besoins structuraux de la tour face à son poids et aux problèmes de flexion, de cisaillement et de dérive de flexion du vent.

Un atrium afin d'introduire une transparence avec la rue dans la perspective d'une interaction sociale avec la ville à la base du bâtiment. L'atrium sera le point névralgique de la structure et des systèmes techniques vers le sommet de l'édifice.

Pour la structure et le noyau, le bois sera préconisé pour les éléments porteurs verticaux, une combinaison de cadre en béton viendra rigidifier le système et lier les éléments de pièce en bois.
Des pièces de connections de petites dimensions et des éléments d'accroches filaires en acier serviront à lier les éléments de bois et de béton ensemble.

Conclusion

La façade rideau doit suivre la même idée de conception que le reste de l'édifice, l'utilisation du bois, du verre et d'un matériau isolant thermique ainsi qu'un matériau d'étanchéité durable doivent être incorporés dans les éléments unitaires de la façade. Le sol est composé d'un plancher en bois encastré dans des cadres en béton armaturé en acier, le tout recouvert entièrement d'une chape de ciment.

Les murs intérieurs porteur ou de contreventement seront en bois, les murs non porteur doivent être composés d'isolant phonique, de bois et d'un système d'étanchéité d'une matérialité durable.

Quatrièmement, les différents dispositifs technique de la tour doivent se superposer et être optimisés le plus possible comme : le dispositifs de circulation générale de la tour, le dispositifs de distribution et de recyclage de l'eau, le réseau d'électricité, le dispositif de chauffage thermique, ainsi qu'une ventilation à double peau extérieure et d'un mécanisme de ventilation intérieure à double flux de recyclage d'air.

Cinquièmement, les différents systèmes de ressources énergétiques seront planifiés sans forcement partir dans une complexité technologique. Les sources d'énergies hydraulique, solaire thermique et photovoltaïque et éolien semblent de bons dispositifs de production d'énergie aménageable, qui permettront l'indépendance énergétique de l'édifice sur le réseau municipal.

Le programme de l'édifice doit refléter le confort de l'habitant actuel et transposer à travers un habitat commode, proportionné et flexible, la plupart des services du quotidien pour ainsi limiter les déplacements externes superflus.

Conclusion

Pour conclure le projet qui suivra cet énoncé aura pour objectif d'illustrer l'impact d'une «superconstruction durable» et d'en analyser les points positifs et les contraintes sur un site particulier en Suisse.

Dans l'objectif de réduire l'impact de l'indice d'occupation du sol et d'exprimer l'expension des besoins programmatiques nouveaux, la transposition directe d'un quartier de logement existant sera proposée.

Les espaces existants doivent attentivement être analysés et les espaces définies comme résiduels doivent être revisités, le tout formant un préassemblage programmatique pour la tour, le manifeste des horizons futures 2050 en Suisse et de l'image de l'architecture sur le territoire.

Bibliographie

Bibliographie

- Cahier technique 2022, Traitement de Surface de Construction en acier, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes. édition 2003

- Cahier technique 2023, Ventilations des Habitations, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, édition 2008

- Cahier tehcnique 2044, Bâtiments climatisés - Méthode de calcul standard pour la puissance requise et les besoins d'énergie, Société Suisse des Ingnénieurs et Architectes, édition 2011

- Cahier technique 2029, Acier d'armature inoxydable, Société Suisse des Ingnénieurs et Architectes, édition 2013

- Cahier technique 2040, La voie vers l'éfficacité énergétique, Société Suisse des Ingnénieurs et Architectes, édition 2011

- Cahier technique 2030, béton de recyclage, Société Suisse des Ingnénieurs et Architectes, édition 2010

- SIA 262:2003, Construction en Béton, Société Suisse des Ingnénieurs et Architectes, édition 2003

SIA 265:2012, Construction en Bois, Société Suisse des Ingnénieurs et Architectes, édition 2012

- SIA 260:2013, Base pour l'élaboration des prjets de strctures porteuses, Société Suisse des Ingnénieurs et Architectes, édition 2013

Bibliographie

- SIA 263:2013, Construction en Acier, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, édition 2013

- SIA 262.051, Béton - Spécification, perfomances production et conformité, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, éditiopn 2018

- SIA 264:2014, Construction Mixte Acier-béton, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, édition 2003

- Cahier technique 2021, bâtiment vitrés-confort et efficience énergétique, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, édition 2003

- Cahier technique 2039, Mobilité - Copnsommation énergetique des ba^timents en fonction de leur élocalisation, Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes, édition 2011

- D0258, La Voie vers l'éfficacité énergétique, compléments et exemple realits au cahier technique SIA 2040, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, édition 2017

- SIA 2031: 2016 Certificat énergétique des bâtiments, Société Suisse des Ingénieurs et Architectes, édition 2016

- Jean-Louis Cohen, Mies Van Der Rohe, édition Hazan 1994

- Sonia R. Châo and Trevor D. Abramson, Kohn Pedersen Fox, Buildings and Projects 1976-1986, édition 1987

- Leonardo Fiori et Massimo Prizzon, La Torrre Velasca, édition Abitare 1982

Bibliographie

- Hugh Ferris, The Metropolis Of Tomorrow, Traduction de Jacques Demarcq, Claude Famy, Claudio Francia, édition Princeton Architectural Press 1986

- Vivien Greene, Italian Futurism 1909-1944 Reconstructing The Universe, édition Guggenheim 2014

- Ulrich Pfammatter, Building for a Changing Culture and Climate, World Atlas of Sustainable, édition DOM 2014

- Wolf Tegethoff, Mies Van Der Rohe, The Villas and Country Houses, édition The museum of Art 1985

- Wolf Tgethoff, Ivo Hammer, Haus Tugenhat, Ludwig Mies Van Der Rohe, édition Birkhauser 2015

- Peter Carter, Mies Van der Rohe au travail, édition Phaidon 1999

- Alberto Sartoris, Sant'elia e L'Architettura Futurista, édition Sapiens 1993

- Catherine Cooke, Russian Construcutivism and Iakoc Chernikhov, édition Architectural Design 1989

- Hélène Menegaldo et Gilles Menegaldo, les imaginaires de la ville entre littérature et arts, édition Presse Universitaire de Rennes 2007

- François Loyer et Hélène Guéné, Herni Sauvage: les immeubles à Gradins, édition Mardaga 1987

- Pier Giorgio GerosaMario Chiatonne, Un Itinerario Architettonico fra Milano e Lugano, édition Electa Editrice1985

Bibliographie

- Andres Lepik, Sky Scaprers, éditions Prestel Pub 2004

- Dave Parker et Antony Wood, The Tall Buildings Reference Book, édition Routledge 2013

- The international Highrise Awards 2004/05, éditions DETAIL 2004

- The international Highrise Awards 2006/07, éditions DETAIL 2006

- The international Highrise Awards 2008/09, éditions DETAIL 2008

- The international Highrise Awards 2010/11, éditions DETAIL 2010

- The international Highrise Awards 2012/13, éditions DETAIL 2012

- The international Highrise Awards 2014/15, éditions DETAIL 2014

- The international Highrise Awards 2016/17, éditions DETAIL 2016

Références

Références

DOC
- Concevoir et construire, Marc Landowski et Bertrand Lemoine

- Stefan Gasser et Daniel Tschudy, L'éclairage intérieur : Efficacité énergétique de l'éclairage, Suisse Energie

- Technologie du Bâtiment III - Physique du Bâtiment Prof. Dr Jean-Louis Scartezzini , EPFL

- Timber Tower Research Project, Final Report SOM 2013

- Swiss Federal Statistical Office Tower Neuchatel, BAUART

WEB
- https://blz-brandstory.mdscreative.com vattenfall-europa/

-https://data.epo.org/publication-server/rest/v1.0/publication-dates/19810708/patents/EP0031804NWA2/document.html

-https://archivesdelimaginaire.epfl.ch/collection/detail_collection.php?collection=15

- https://docplayer.fr/45147300-Guide-pratique-du-beton.html

- https://www.yumpu.com/fridocumentiview/7099015/synthese-sur-herculanum-regine-meyzenc/3

- https://en.wikiarquitectura.com/building/comcast-center-building/

Epilogue

Remerciements à

Roberto Gargiani
Andreas Schueler
Luca Ortelli
Frédéric Brigger
Jean-Louis Scartezzini