

## CAHIER DES MODULES DE CONFÉRENCE POUR LES ÉCOLES D'ARCHITECTURE

CONFÉRENCES : BÉTON, ARCHITECTURE, PERFORMANCES ET APPLICATIONS



La Défense, photo : Pixel & CréationFolalia.com.

## LE BÉTON À LA DÉFENSE : MATIÈRE PREMIÈRE D'UN QUARTIER EXTRAORDINAIRE



# LE BÉTON À LA DÉFENSE : MATIÈRE PREMIÈRE D'UN QUARTIER EXTRAORDINAIRE

## Sommaire

---

<b>1. Le béton comme matériau par excellence de la modernité</b>	<b>3</b>
<b>2. Le béton architectonique et la recherche d'une expressivité formelle postmoderne</b>	<b>8</b>
<b>3. Flexibilité des bâtiments, versatilité du matériau: la problématique du développement durable et celle du patrimoine</b>	<b>10</b>

---

La Défense, qui vue du bois de Boulogne ou encore lorsque l'on s'en approche semble construite en métal et en verre, est avant tout un gigantesque ouvrage en béton. Commencée après-guerre, elle utilise de manière intensive le matériau emblématique des Trente Glorieuses : le béton.

On pourrait la caractériser comme une mégastructure, un ouvrage qui entend rationaliser le fonctionnement urbain dans toutes ses dimensions, à la fois technique, sociale et économique. En effet, cette opération complexe empile à la verticale dans les sous-sols : une autoroute, une ligne de train, une ligne de métro, de RER, une gare routière, des zones de livraison, des parkings. Sur le dessus de la dalle, ont été construites depuis les années soixante de nombreuses tours de bureaux qui accueillent environ 160 000 salariés. La tour First, la plus haute de France construite en 2011, est la surélévation d'une tour plus ancienne. La dalle dessert des logements pour environ 20 000 personnes. L'ensemble est alimenté en énergie par des centrales situées en périphérie du quartier et par un réseau de galeries techniques réparties sur la totalité du site. Claudius Petit, grand défenseur de l'architecture moderne et ministre de la Construction, la déclare d'intérêt national lorsqu'il décide de bâtir à l'ouest de la capitale un nouveau quartier à



*Les façades en verre des bâtiments de bureaux.*

la mesure des enjeux de la reconstruction de Paris et de la France d'après-guerre.

Comme le souligne Cyrille Simonnet<sup>1</sup>, **il y a trois sortes de béton à La Défense** : celui que l'on voit, essentiellement le CNIT, la station Grande Arche et certains immeubles en béton brut comme la résidence Lorraine, le premier immeuble de logements construit à La Défense par l'architecte Robert



*Une des premières maquette de La Défense, vers 1958.*

<sup>1</sup> Voir Béton, Dalle, Chantier, Verre, Zone A, dans P. Chabard, V. Picon-Lefebvre, *La Défense, architecture et politique, un dictionnaire*, Marseille, Parenthèses, 2012.



*Le chantier de la tour Nobel, aujourd'hui tour Hoescht.*

Camelot, ou encore le fantastique immeuble de logements Vision 80 ; celui sur lequel on marche, notamment les plaques de béton gravillonnées qui constituent une bonne part du sol de la dalle ; et enfin le béton que l'on devine, situé derrière les structures de verre ou d'acier, qui constitue les façades des immeubles et des tours.

Si l'on suit les principaux ouvrages qui ont marqué l'histoire de La Défense, le béton apparaît comme un matériau privilégié mis en œuvre sous des formes diverses qui constituent autant d'expressions architecturales spécifiques. On peut distinguer trois thèmes pour aborder la question du béton à La Défense :

- le béton comme matériau par excellence de la modernité ;
- le béton architectonique et la recherche d'une expressivité formelle postmoderne ;
- flexibilité des bâtiments, versatilité du matériau : la problématique du développement durable et celle du patrimoine.

# 1. Le béton comme matériau par excellence de la modernité

L'image moderniste, futuriste du quartier va être associée dès l'origine au CNIT car c'est le premier bâtiment à être construit sur le site pour promouvoir l'industrie sur ce qui est alors un rond-point en haut de la colline de Chantecoq où a été placé un monument à La Défense de Paris de 1870 qui va donner son nom au quartier.



*Le CNIT lors d'un salon de l'Enfance.*

**Le CNIT, inauguré en 1958**, va durablement marquer l'image du site comme **le lieu de la modernité architecturale et sociale**. En effet, sa voûte spectaculaire de 238 m de portée va accueillir toutes les grandes expositions qui vont diffuser la culture populaire de la consommation de masse : du Salon nautique à celui des arts ménagers ou encore de l'enfance.



*Le CNIT en chantier à l'extérieur, vers 1957.*

Le CNIT (Centre national des industries et des techniques), une coque en béton engendrée par trois éventails lancés depuis les trois pointes d'un triangle équilatéral, sera un record mondial à l'époque pour la portée de sa voûte. Ce grand



*La voûte du CNIT vers 1957.*

volume conçu par les architectes Camelot-Demaillly et Zerhfluss et l'ingénieur Nicolas Esquillan pour la structure, va nécessiter la construction d'un coffrage en bois d'une dimension exceptionnelle pour couler la voûte en place.

Le bâtiment exprime par sa forme, son élancement, une volonté de rupture avec toutes les constructions antérieures. L'architecture du CNIT va inspirer de nombreux ouvrages dont le palais des sports de Grenoble construit pour les Jeux olympiques d'hiver en 1968. Comme la dalle piétonne, ouvrage d'art emblématique de La Défense, n'était pas prévue en 1958, date de son inauguration, la voûte du CNIT posée sur le sol naturel semble aujourd'hui comme encastrée dans le sol.



La position du CNIT en chantier sur le rond-point de La Défense.

### La dalle : un ouvrage pour la ville du futur

En 1967, le magazine *Paris-Match* titre sur la ville du futur et met en couverture une perspective de la dalle de La Défense.



Paris dans 20 ans. Couverture de Paris Match n° 951, 1967

Les raisons du choix de cet ouvrage sont complexes. La dalle offre tout d'abord le moyen d'encastrement des réseaux techniques dans le sol en les rendant facilement accessibles. Les origines de cette idée vont du dessin de ville idéale sur plusieurs niveaux à la

verticale de Léonard de Vinci, aux projets d'Eugène Hénard au début du xx<sup>e</sup> siècle qui imagine des passerelles piétonnes pour traverser les carrefours. On peut citer aussi la Grosstadt de Ludwig Hilberseimer, architecte allemand, qui sépare dans les années vingt la circulation automobile située dans des tranchées et celle des piétons installée en hauteur. Contrairement à ce que l'on peut lire, la dalle de La Défense n'est pas issue des thèses du mouvement moderne. Elle réalise un sol artificiel qui permet de rendre aisée toute intervention sur les réseaux souterrains en évitant les travaux permanents que connaissent les trottoirs parisiens. Selon Robert Auzelle, alors urbaniste conseil du quartier, cette solution permet aussi de rompre visuellement avec l'aménagement des Champs-Élysées et donne la possibilité d'installer de nombreux parkings pour desservir les immeubles.

Les architectes de l'opération justifient la couverture complète de la Voie Triomphale pour des raisons esthétiques. Cet argumentaire sera repris par les commentateurs de l'époque qui vont en faire la raison principale du choix de la dalle. Ainsi, on peut lire dans *Techniques et Architecture* en 1965 : « Pour que ce quartier fût réellement un et que les piétons puissent aller aisément et sans danger de Courbevoie à Puteaux [...], il fallait multiplier le nombre de ces passerelles dont l'effet esthétique, vu du pont de Neuilly, [...] risquait de ne pas être heureux. [...] Il fut décidé un plateau artificiel en pente douce. [...] Ainsi, sera réalisée la séparation totale piétons-automobiles qui avait été prônée depuis longtemps par les théoriciens mais n'avait encore jamais pu être réalisée dans l'ensemble d'un quartier.<sup>2</sup> »



Perspective sur la dalle, projet de 1964.

<sup>2</sup> « Aménagement de la région de La Défense », *Techniques et Architecture*, numéro spécial, décembre 1965, 25<sup>e</sup> série, n° 5.



1970



Juillet 1971



1971



Juin 1972



Juin 1972



1973



1974



- 1) CNIT. 2) Fiat. 3) Esso. 4) Septentrion. 5) Europe. 6) Aquitaine. 7) EDF-G
- 8) Aurore. 9) Quartier Alsace. 10) Manhattan. 11) Centrale Suclim. 12) Quai
- Louis Blanc. 13) Neptune. 14) Assur. 15) GAN. 16) Roussel-Nobel. 17) Quai
- Bellini. 18) Projet Niemeyer. 19) Projet Auzelle-Patriotis. 20) Générale. 21) Cr
- Lyonnais. 22) Atlantique. 23) Quartier Villon. 24) Eve. 25) Central Téléphon
- 26) Défense 2000. 27) Quartier Boieldieu. 28) Franklin. 29) Projet d'Ho
- 30) Winterthur. 31) Projet de centre commercial. 32) Projet Aillaud pour la

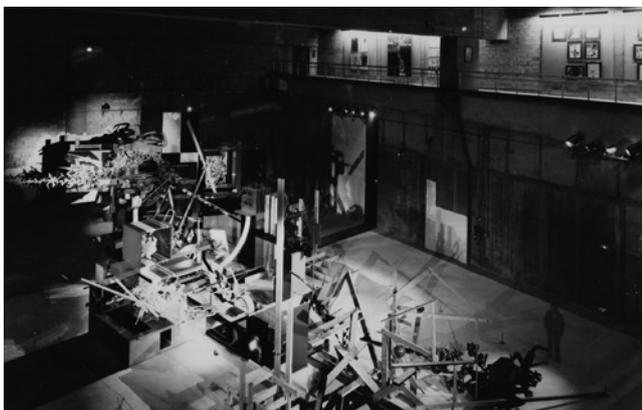
Le chantier de La Défense, de 1970 à 1974. Architecture d'Aujourd'hui n° 178, mars 1975, p 36.

Certains usagers la critiquent, dénoncent cet univers artificiel peu végétalisé, mais l'apprécient pour son calme et ses dimensions, ses œuvres d'art, ses bassins et ses fontaines, ses plantations de gazons, d'arbres, de vignes même ! Dès qu'il fait beau, les



*La fontaine de Takis et la dalle de La Défense.*

cadres, les employés et les familles se pressent sur les marches de la Grande Arche, les touristes débouchent étonnés du RER, les jeunes des quartiers environnants l'utilisent comme un terrain de jeu libératoire. Si certains veulent la faire disparaître comme une erreur de conception, d'autres au contraire souhaitent valoriser son caractère d'espace exceptionnel et lui donner un rôle comparable à celui de la terrasse du Trocadéro. C'est en « architecturant » l'infrastructure de la dalle que l'on résoudra l'équation de l'efficacité fonctionnelle de l'ouvrage et du confort et de l'agrément de ses usagers.



*Le monstre de Moretti, à l'intérieur d'un espace situé sous la dalle.*

**Sous la dalle, la gare du RER** constitue, en 1970, un autre ouvrage en béton. Architecturé comme un ouvrage d'art, des portiques soutiennent la dalle et forment un grand volume rectangulaire dans l'axe est-ouest. La gare est reliée directement au centre commercial des Quatre Temps et au CNIT. Le choix de relier La Défense par un mode de transport en commun rapide constitue une autre caractéristique du projet qui permet de le rapprocher des visions utopistes des architectes des années vingt lorsqu'ils pensent la métropole et ses nouveaux modes de transport. Ainsi, l'urbaniste allemand Ludwig Hilberseimer propose, dans son projet pour la Grossstadt, de construire la ville à la verticale en déclinant : les tunnels pour les transports en commun, les tranchées pour la circulation automobile et les terrasses en hauteur pour les piétons.

Les concepteurs de La Défense distinguent à l'origine les infrastructures, notamment les voies pour le transit, les livraisons et les lignes du métro et du RER, des superstructures situées sur la dalle que sont les tours et les immeubles de logements. En dessous, de grands espaces sont restés aujourd'hui encore en suspens : une gare de métro désaffectée, des réserves pour le passage de la ligne n° 1 qui sont autant d'opportunités pour créer des restaurants, des salles de réunion ou encore des cinémas et autres espaces commerciaux et culturels.

La Défense a été conçue sur le thème de la fluidité. Il s'agit de soumettre l'organisation urbaine à la gestion des flux. **Le béton, matériau fluide par excellence, renvoie bien à cet imaginaire de l'efficacité urbaine.** Il prend la forme de la voûte courbe du CNIT comme celle des portiques de la gare du RER, et sa plasticité s'adapte à l'architecture des tours comme à celle des œuvres d'art. Cette fascination pour la fluidité renvoie à l'inverse aux sentiments d'étouffement partagés par les différents acteurs à l'époque face aux désordres de la ville ancienne. **Sans doute, le recours au béton est à la fois une métaphore pour une ville moderne et une réponse technique pour s'émanciper du modèle des tours américaines qui sont construites avec une structure en acier.**

**La dalle en béton**, l'ouvrage emblématique de La Défense, a permis d'inventer de nouveaux usages

du sol libérés de la contrainte du croisement des circulations automobiles et de mettre en place un espace public au-dessus d'un système complet de desserte en transports en commun qui va être encore renforcé avec le projet Eole en 2020, la LGV vers Le Havre et le métro Grand Paris Express qui devrait être achevé en 2030.



*La dalle en béton.*

**Les tours** enfin, et surtout les premières d'entre elles, comme **la tour Nobel**, aujourd'hui tour Hoechst, vont toutes être construites, jusqu'aux années quatre-vingt, autour d'un noyau central en béton armé à partir duquel s'étendent les planchers constitués de poutres en acier ou en béton, couvertes de prédalles en béton. L'usine fabriquant les composants en béton armé standardisé est construite à quelques kilomètres de l'ouvrage. Les éléments sont assemblés à la grue qui a servi à l'édification du noyau central dont le béton est réalisé sur place et coulé à l'aide de coffrages grimpants. Les tours du premier plan-masse approuvé officiellement en 1964 sont toutes de la même dimension et culminent à 100 m au-dessus de la dalle. En plan, elles font une surface identique. Contrairement aux gratte-ciel de bureaux de Chicago ou New York, les tours se dressent de manière uniforme, en arrière

des immeubles bas réservés au logement. Cette partition permet, selon les auteurs du plan, d'adopter la meilleure forme architecturale pour chacun des programmes.



*Plan de masse de La Défense, zone A. 5  
(R. Camelot, B. Zehrfuss, J. Demailly) 1964.*

À partir de 1972, ce principe va être remis en cause par l'établissement public avec la construction de la tour Fiat, aujourd'hui Areva, qui culmine à 184 m, et des tours de logements comme la tour Défense 2000, dont le nom souligne le caractère futuriste que les promoteurs donnent à leur réalisation.

**Les logements de cette première Défense sont également construits en béton.** Appelés Palais Royal par les architectes, ils sont organisés sur quatre niveaux au-dessus d'un niveau de commerces et autour d'un jardin. Le plus emblématique est celui situé autour du square des Corolles, construit par Jean Demailly, logement social au cœur du quartier d'affaires qui semble malheureusement condamné à disparaître.



*Résidence Lorraine, Immeuble d'habitation dit « Palais Royal »  
(R. Camelot) 1965.*

Tous ces projets sont marqués par une volonté de rationalisation et l'utilisation de techniques industrielles que ce soit pour le gros œuvre ou le second œuvre. Ils vont constituer peu à peu un nouveau

paysage urbain caractéristique visible depuis Paris. D'une certaine manière, l'esthétique de la première Défense des années soixante est celle de la glorification du monde industriel. Cette approche va être critiquée dès 1967. Ainsi, dans son film *Playtime*, Jacques Tati met en scène son héros, Monsieur Hulot, qui se perd dans le dédale des grands équipements modernistes qui tendent à se confondre : l'aéroport, l'hôpital ou encore l'immeuble de bureaux et la foire-exposition.



*Play time*  
de Jacques Tati,  
1967

*L'espace de la dalle*  
vers Courbevoie, et  
l'immeuble Elf.

Cependant, on ne peut qu'être frappé par le dynamisme et l'optimisme qui caractérisent ces réalisations. Images fortes d'un processus de changement rapide des modes de vie et des pratiques sociales qui marque la période des Trente Glorieuses.



## 2. Le béton architectonique et la recherche d'une expressivité formelle postmoderne

### Le projet de la Grande Arche

Si les tours et les bâtiments construits à La Défense jusqu'à la fin des années quatre-vingt ne retiennent pas vraiment l'attention de la critique architecturale internationale, mis à part le CNIT et la tour Nobel, l'organisation du concours de la Grande Arche à la demande de François Mitterrand ouvre une nouvelle ère. Le jury composé d'experts internationaux va choisir un projet qui exprime littéralement son programme, un centre international de la communication, sous la forme d'une grande icône identifiable et reconnaissable, au contraire de la plupart des bâtiments à La Défense qui n'ont pas de forme bien identifiée, aux yeux du public en tout cas. **Comme une fenêtre posée sur la dalle**, la Grande Arche devait abriter, selon le programme du concours, un ensemble de dispositifs

pour conserver, diffuser et partager l'information, notamment à destination des pays en développement. Cette rhétorique tiers-mondiste sera vite abandonnée par Robert Lion, chargé par la présidence de mener à bien le projet. La Grande Arche a une forme qui reflète un projet social et politique qui ne sera pas mené à terme. L'architecte danois lauréat du concours, Johan Otto Von Spreckelsen, n'acceptera jamais l'abandon de ce programme pour celui d'un immeuble de bureaux et il démissionnera avant la fin du chantier. Cependant, la forme de l'Arche pouvait aussi renvoyer à celle de l'Arc de Triomphe, s'articuler à un discours postmoderne sur la valeur de l'axe triomphal et constituer une icône pour un quartier d'affaires, vue comme l'expression même du capitalisme à l'époque. Le projet dont la forme, si ce n'est le programme, fait consensus, sera donc terminé en l'absence de l'architecte et



*Le chantier de la Grande Arche vers 1988.*

développé par Paul Andreu, ingénieur et architecte à la tête de l'agence d'architecture des Aéroports de Paris, associé, conformément au règlement du concours, dès les premières études.

Si le jury du concours s'est déroulé de manière harmonieuse, les études du « cube », choisi par le président après sa simulation à l'aide d'une grue sur la perspective des Champs-Élysées, vont être conflictuelles.



*La Grande Arche et La Défense, dans l'axe Est-Ouest, vue de Neuilly*

Lors du concours, Spreckelsen avait fait appel à un ingénieur danois, Erik Reitzel, qui avait travaillé sur l'idée d'une structure innovante. Il s'agissait de la penser comme celle d'un os, où les vides et les creux participent à la résistance de l'ensemble. Cette structure composée de 4 cadres verticaux placés en parallèle face à Paris, solidarisés dans le plan horizontal par des doubles planchers techniques tous les 21 m, devait être construite en premier pour permettre des variations dans les hauteurs d'étage.

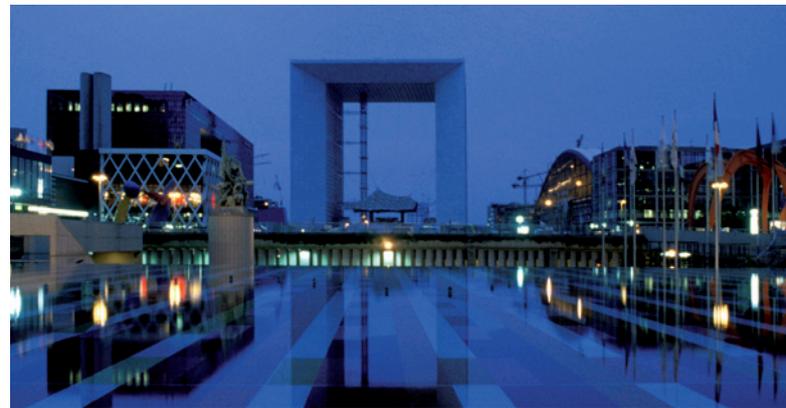
Spreckelsen n'a pu réaliser cette idée qui pouvait idéalement s'adapter à toutes sortes d'espaces installés dans ces grands vides d'une hauteur d'environ 7 étages. Le bâtiment sera construit niveau après niveau. Cependant, les cadres et les poutres en béton de la structure dessinent une trame de

7 m x 21 m qui apparaît comme un motif décoratif en façade souligné par des bandeaux de couleurs contrastées.

### **Le chantier d'un ouvrage d'art**

Les esquisses légères et suggestives de l'architecte lauréat avaient sans doute minimisé la difficulté de la construction d'un cube de 100 m de côté sur le bord de la dalle à l'ouest de la zone A. Une cinquantaine d'entreprises participent à la construction, regroupées en un peu plus de soixante marchés de travaux.

Au moment du chantier, la question de la construction du toit s'avère la plus périlleuse. Faut-il construire les poutres de 100 m de long sur le sol avant de les hisser sur place, faut-il les couler sur place à 100 m de haut? L'entreprise adopte la deuxième solution et propage la rumeur que la première, choisie par un concurrent, est dangereuse. Les dimensions du cube finalement de 117 m x 112 m sur 111 m de hauteur nécessitent des techniques inhabituelles pour un immeuble de bureaux. Le bâtiment repose sur 12 piles de fondations d'une hauteur de 30 m glissées entre les infrastructures qui passent sous la dalle. Des plaques de néoprène sont intercalées entre la structure supérieure et les fondations pour éviter les vibrations.



*La Grande Arche de nuit, le mystère d'une figure consensuelle.*

**Le chantier de l'Arche s'apparente davantage à la construction d'un pont** comme celui réalisé au même moment pour relier l'île de Ré au continent qu'à celle d'un bâtiment. La finition des façades, cruciales aux yeux de l'architecte, ne se fera pas sans problème en ce qui concerne le choix du marbre qui doit recouvrir les parties biaisées, la base, le socle et le toit et la surface des planchers et des poutres de la structure. Les façades intérieures sont en aluminium, les façades extérieures sont en verre.

La Grande Arche va changer l'image de La Défense, lieu d'expression de la modernité architecturale, elle devient un quartier d'expérimentations architecturales et urbaines. On parle à nouveau d'elle dans les médias comme un quartier étonnant. Le décalage du bâtiment par rapport à l'axe de la dalle afin de laisser passer la voie de chemin de fer entre les fondations, similaire à celui de la Cour carrée du Louvre par rapport au même axe, suscite la curiosité du public et permet d'instaurer un rapport entre l'ancien Paris et le nouveau. Une sorte de mystère s'instaure sur le caractère hasardeux ou voulu de cette correspondance.

Par ailleurs, à Nanterre, dans la zone B2, cette capacité d'expression du béton à prendre des formes variées va être utilisée dans toute une série de projets. Le plus significatif d'entre eux est sans doute l'école de danse de Nanterre, réalisée en 1987 par Christian de Portzamparc qui redessine également le système d'entrée du parc André Malraux.



*Le chantier de la Zone B vers 1990.*

### 3. Flexibilité des bâtiments, versatilité du matériau : la problématique du développement durable et celle du patrimoine

À partir de 2007, les infrastructures et les bâtiments vont rentrer dans un important processus de rénovation dans le cadre du plan de renouveau initié par l'Epadesa<sup>3</sup> qui s'est engagé dans cette démarche pour rendre les tours moins énergétivores, diminuer les charges et financer la modernisation des réseaux. **La question du patrimoine architectural se pose alors** car la rénovation des tours se fait le plus souvent par la démolition totale de leur façade et leur remplacement par une nouvelle

écriture architecturale. La rénovation du CNIT, achevée en 1989, avait déjà posé cette question, le projet des architectes Andrault et Parat ayant considérablement modifié le volume initial ainsi que les façades. On peut se demander alors comment rendre compatible la nécessaire rénovation des bâtiments des années soixante avec une prise en compte de leurs qualités architecturales pour que La Défense ne perde pas tout caractère original et tout lien avec son histoire.

<sup>3</sup> La zone B est située derrière la Grande Arche sur le territoire de Nanterre.

<sup>4</sup> L'Epadesa est l'établissement public en charge de l'aménagement de la Défense.



*La Tour Fiat, aujourd'hui Areva, dans son contexte urbain, vers 1990.*

La tour First (à l'origine AXA) n'est pas la première opération de rénovation à La Défense, mais c'est la première qui a fait l'objet d'une modification substantielle de sa forme et de sa hauteur, passant de 170 m de haut à 230 m de haut. Elle est par ailleurs extrêmement performante du point de vue des consommations énergétiques. Inaugurée en 2011, elle incarne la possibilité donnée aux propriétaires, dans le plan de renouveau, de mener une rénovation en échange d'une augmentation de la surface utile, qui est de 20 % pour cette dernière, dans un contexte de rareté du foncier.

Selon Jean-Pierre Paris, ingénieur directeur de travaux de Bouygues bâtiments Ile-de-France, entreprise générale en charge de la rénovation, **la tour était extrêmement bien construite et les entreprises ont eu accès à tous les plans de ferrailage qui se sont avérés très précis.** Ce qui a permis à l'entreprise chargée du gros œuvre d'intervenir en scellant les nouveaux planchers sur les ferrailages des anciens. En revanche, l'opération s'apparente à de la microchirurgie car il faut percer le béton à chaque endroit où se fait une liaison.

Il précise que le chantier a commencé par le haut car il était prévu de démolir le noyau d'origine et donc tous les escaliers pour le reconstruire. L'entreprise a décomposé la tour en sous-parties de 3-4 étages

pour la démolition comme pour la reconstruction. Les planchers ont été agrandis d'environ 1 m 50 en périphérie en utilisant des tables fixées sur des rails à l'extérieur sur la façade existante. L'entreprise a utilisé des bétons classiques CB 25-CB 30. Les ingénieurs se sont aperçus que la tour des années soixante-dix avait déjà optimisé l'usage des bétons et des ferrillages. Ainsi, les poteaux en béton en façade qui se sont retrouvés à l'intérieur dans la tour rénoverée étaient évidés pour alléger la structure. La démolition a été faite avec des outils hydrauliques, pour minimiser les nuisances et accélérer l'évacuation des déchets en utilisant les gaines existantes que l'on avait renforcées.



*La tour First, à ce jour, la plus haute de La Défense.*

Les questions environnementales ont été prises en compte dans la rénovation au moment du chantier en appliquant pour le projet des techniques expérimentées sur des chantiers de moindre importance. Un logiciel a été mis au point pour diminuer les nuisances et gérer en flux tendu l'approvisionnement du chantier comme l'évacuation des déchets avec une flotte de quarante camions par jour.

À côté du programme de rénovation, un programme de construction de nouvelles tours a été lancé. Remis partiellement en cause par la crise de 2008, il comprend des bâtiments neufs qui se veulent exemplaires dans la prise en compte du développement durable. Ainsi, **la tour Carpe Diem, de l'architecte américain postmoderne Robert Stern**, terminée en 2013, s'est inscrite dans le respect des normes les plus exigeantes dans ce domaine. Il s'agit de la première tour à être



La Tour Carpe Diem, (R. Stern).

construite à cheval entre la dalle et le sol naturel du côté de Courbevoie. Sa hauteur est de 38 étages pour une surface de 47 600 m<sup>2</sup> sur une emprise de 7 000 m<sup>2</sup>. Elle possède un noyau décentré pour bénéficier davantage de la lumière du sud.

Patrick Sanchez, ingénieur, directeur de projet pour Hines France, a toujours été certain que le noyau, véritable épine dorsale de la tour, serait réalisé en béton. En revanche, la question s'est posée pour la réalisation des planchers et des poutres et poteaux de façade. En effet, les dièdres que l'on retrouve sur les façades nord et sud et la volonté architecturale de marquer ces volumes en gardant des poteaux parallèles aux façades impliquent l'apparition d'importants efforts horizontaux en traction dans les planchers qui ne peuvent être repris par le béton armé. Plutôt que de concevoir une ossature métallique, les architectes et le bureau d'études structure ont préféré privilégier une ossature en béton armé, renforcée ponctuellement de bandes de béton précontraint permettant de reprendre ces efforts horizontaux en traction.

Il précise que le choix du « tout béton » s'est articulé autour des critères suivants :

- l'ossature en béton est stable au feu deux heures alors qu'il aurait fallu revêtir une ossature métallique d'un parement coupe-feu ;
- une solution métallique aurait impliqué la mise en œuvre de poutrelles métalliques reliant le noyau à la façade, ce qui aurait rendu plus difficile l'obtention d'une hauteur libre de 3 mètres, élément important de l'architecture intérieure de la tour ;
- la solution en béton armé reste moins onéreuse que la solution métallique, ne serait-ce que parce qu'elle est réalisée en propre par les entreprises générales présentes à La Défense alors qu'une solution métallique sera sous-traitée à une entreprise spécialisée, ce qui implique une plus-value liée aux frais généraux de l'entreprise générale.

Toute l'ossature de la tour est en béton, depuis les fondations jusqu'aux derniers niveaux en superstructure sauf la coiffe vitrée de 20 mètres de haut, réalisée en charpente métallique.

Les questions environnementales ont été prises en compte à plusieurs niveaux. **Le premier aspect est la proximité de la production des différents constituants du béton.** En effet, ciment, eau et agrégats proviennent de la région parisienne, ce qui diminue l'impact environnemental lié au transport. Les ciments à hautes performances qui ont été mis en œuvre sont obtenus à partir de matériaux recyclés (cendres volantes), ce qui a été comptabilisé dans le crédit Leed correspondant<sup>4</sup>.

**L'usage du béton à la tour Carpe Diem se différencie des tours anciennes par l'utilisation de béton précontraint pour permettre les mouvements spectaculaires des poteaux en façade.**

Par rapport aux tours des années 1960-1980, on note l'amélioration des résistances à la compression des bétons qui sont passées de 25 MPa à 80 MPa selon la localisation des ouvrages, ce qui permet de réduire sensiblement l'encombrement des structures et donc leur impact visuel à l'intérieur et à l'extérieur de la tour.

<sup>4</sup> Le Leed est une norme environnementale américaine qui est calculée comme l'addition de points sur différents aspects de la conception, du chantier...

Le noyau de Carpe Diem repose sur un radier en béton armé de 1,80 m d'épaisseur placé sous le niveau -2. Ce radier, ainsi que toutes les semelles isolées recevant les autres éléments porteurs, repose sur des pieux en béton de 1,28 m de diamètre et de 22 m de profondeur ancrés dans le calcaire. Les charges sont descendues à cette profondeur afin de trouver des sols avec des caractéristiques mécaniques satisfaisantes et également pour s'assurer qu'aucun effort n'est exercé sur les constructions voisines existantes. Dans certains cas comme dans celui de la maison d'église de l'architecte Frank Hamoutène (2001), il n'a pas été possible de retrouver le bon sol, ce bâtiment est donc appuyé sur les structures de la dalle.

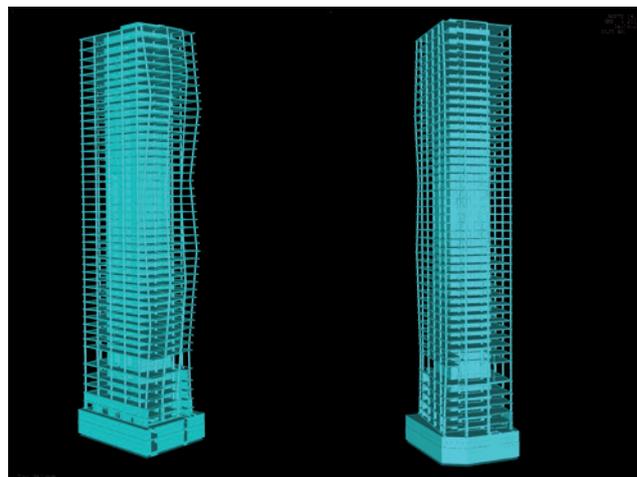


*La dalle en chantier vers 1965.*

La tour Carpe Diem est désolidarisée de la dalle. Aucun parking privatif n'a été créé car des places sont réservées dans le parking public des Corolles relié par un accès direct à la tour Carpe Diem. La tour bénéficie donc des infrastructures offertes par le système d'origine qui privilégie l'indépendance entre les immeubles et les parkings.

Pour comprendre ce que sera La Défense dans le futur, on peut citer également **la tour Majunga de l'architecte François Viguier**, en cours de travaux, qui s'élèvera à une hauteur de 203 m par rapport à son niveau de fondation. Elle comprendra 39 étages de bureaux et deux niveaux de locaux techniques. La surface de plancher construite est de 82 000 m<sup>2</sup> pour une surface utile (SHON) de 69 500 m<sup>2</sup>.

Jean-Marc Jaeger, ingénieur structure du BET SETEC, explique que **la tour, d'une dimension en plan de 55 m par 35 m, est entièrement réalisée en béton à hautes performances**, trois fois



*La dalle en chantier vers 1965.*

plus résistant que le béton usuel grâce à l'ajout de billes de verre micrométriques qui augmentent sa compacité. Sa masse de 97 000 tonnes de béton repose sur la couche calcaire qui sert de socle de fondation à la majeure partie des ouvrages de La Défense.

Selon Jean-Marc Jaeger, le critère principal de la conception de la tour est d'assurer le confort de ses occupants, dans un contexte où les grandes entreprises doivent de plus en plus retenir leurs meilleurs collaborateurs et donc améliorer leurs conditions de travail. Les espaces collectifs sont particulièrement soignés et la lumière naturelle privilégiée. Pour limiter les mouvements sous vent, une ossature centrale en béton (noyau central en béton) est plus raide – à coût équivalent – qu'une ossature en acier et donc plus à même de garantir ce confort. Par ailleurs, pour les autres éléments porteurs, une simple comparaison montre qu'un poteau en béton coûte environ 5 fois moins cher qu'un poteau en acier dans le contexte français. La conception structurelle de la tour est classique, mis à part de nombreuses singularités dans les poteaux qui conduisent les charges jusqu'aux fondations.

Il rappelle que dans le contexte actuel de crise économique et de contraintes réglementaires environnementales, il est important d'être économe en matériau. Pour ce faire, la qualité (résistance) du béton est adaptée aux efforts appliqués – pour utiliser au mieux ses performances en fonction du rôle structurel des différentes parties de l'ouvrage. Par exemple, les poteaux qui descendent des charges de quelques milliers de tonnes sont en béton hautes performances pour réduire leur encombrement, alors que les planchers sont en béton plus classique ou en structure mixte acier et

béton. De même, le noyau de la tour se modifie en fonction de la hauteur et les épaisseurs de voile sont réduites lorsque l'on s'élève car les charges et les poussées diminuent.

La tour Majunga met en œuvre les meilleures qualités de béton disponibles aujourd'hui : C80 pour les poteaux et C60 pour le noyau (C80 signifie qu'une éprouvette de béton peut supporter une contrainte de 80 mégapascals) – un béton classique est un C30. On cherche à économiser le matériau en étant très précis sur la nécessité d'utiliser tel ou tel béton et l'épaisseur des dalles de plancher est réduite en utilisant la précontrainte. Comme la plupart des bâtiments à La Défense, la tour est encastree dans le sol de fondation et elle est posée sur la dalle de calcaire à environ 20 m de profondeur. Pour ménager le passage d'Eole, les fondations sont séparées en deux parties et les poteaux sont inclinés pour permettre le report des charges de chaque côté. Le béton est fabriqué dans les centrales à béton de Nanterre par Lafarge et ponctuellement à Gennevilliers et transporté par camion-toupie. Ce matériau, dont on maîtrise parfaitement la production et la mise en œuvre, permet de réduire la construction d'un étage à une durée d'une semaine.



**On cherche, en effet, à construire de plus en plus vite, pour minimiser les nuisances de chantier comme pour permettre de commercialiser la tour le plus rapidement possible.** Pour les promoteurs, cet aspect est essentiel car le temps du chantier coûte cher.



Pour conclure, l'utilisation du béton caractérise depuis l'origine le quartier de La Défense et lui a donné son image de modernité. Cependant, depuis les années soixante, la conception des espaces de bureaux, les contraintes environnementales, l'organisation du travail ont profondément changé. Les promoteurs, les architectes, les entreprises ont dû s'adapter aux exigences des usagers des tours, comme à ceux des équipements et des infrastructures. Pour répondre à la crise actuelle, La Défense change de stratégie pour conserver sa place de premier quartier d'affaires européen. Il faudrait sans doute mieux prendre en compte l'histoire du projet pour ne pas la banaliser. Le quartier de Barbican à Londres constitue en ce sens un exemple à suivre. Terrain d'expérimentation sociale, architecturale et urbaine depuis son origine, La Défense doit travailler avec ses atouts et continuer à expérimenter pour attirer encore et satisfaire les exigences de confort de ses usagers. Les ingénieurs comme les architectes ont choisi le béton pour ses facilités d'utilisation comme pour ses capacités expressives, la versatilité du matériau en fait toujours un matériau privilégié pour la conception comme la rénovation des tours et des ouvrages.

---

Un texte réalisé avec la participation de Virginie Picon-Lefebvre

Crédits photographiques : Architecture d'Aujourd'hui [5],  
Archives Defacto [2B, 3, 4, 6B, 7H, 7B, 8G, 9H, 10, 11G, 13G],  
Archives SETEC [13D], Jean-Louis Motte [6H, 7M, 8D, 9G, 9D], Paris March [4BG],  
Pixel & Création-Fotolia.com [14 H, 14B], Velirina-Fotolia.com [2H], DR [11D, 12].

---

Édition mai 2014

**CIM** *béton*

**CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS**

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10  
E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net) • internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)

