

# Toujours plus haut!

La Kingdom Tower sera la première construction humaine à dépasser 1 km de haut. Comment se construit un tel monstre de béton et d'acier? Est-ce qu'on y est en sécurité? Et où s'arrêtera la course à la hauteur des gratte-ciel? Réponse dans ce dossier vertigineux qui revient sur plus d'un siècle d'exploits techniques.

Romain Raffeau

Un kilomètre de haut! Plus de trois fois la tour Eiffel. C'est la hauteur à laquelle culminera la Kingdom Tower, en cours de construction dans la ville de Djeddah, en Arabie saoudite. Lorsqu'elle sera achevée, en décembre 2018, elle deviendra le plus haut bâtiment au monde, surpassant de près de 200 m l'actuelle reine, la Burj Khalifa (828 m). À terme, ce nouveau **>gratte-ciel<** (voir zoom p. 36-37), rebaptisé récemment Jeddah Tower, dominera un gigantesque complexe d'habitations, de bureaux et de commerces. L'ensemble couvrira

5,3 km<sup>2</sup>, grosso modo la superficie d'un arrondissement de Paris ou de Lyon! Dans l'immédiat, seule la tour est en construction et la zone qui l'entoure reste désertique. Car ces travaux pharaoniques ont un prix : la seule édification de la Kingdom Tower va coûter près d'un milliard d'euros, trois fois la facture du Stade de France! Heureusement, son commanditaire, le prince Alwaleed, homme d'affaires et membre de la dynastie royale saoudienne, a les moyens. N'empêche, il faudra tout de même patienter jusqu'en 2020 pour voir l'ensemble du complexe achevé. La Kingdom Tower deviendra alors le symbole de Djeddah, surplombant la ville

et offrant une vue incomparable sur la mer Rouge, une centaine de mètres plus loin. Comble du luxe : une large terrasse extérieure permettra de prendre l'air à plus de 600 m de haut. Un autre record pour ce bâtiment hors normes.

## Un record déjà menacé

Il n'est pas sûr cependant que la tour du prince Alwaleed gardera bien longtemps sa suprématie. La longue histoire des gratte-ciel est là pour en témoigner : si l'Empire State Building à New York est resté le plus haut building au monde pendant 41 ans, les tours Petronas à Kuala Lumpur n'ont conservé ce même titre que 7 ans, et le Taipei 101 sur l'île

chinoise de Taïwan seulement 6 ans! Il faut dire que depuis la construction des premiers gratte-ciel dans les années 1880 à Chicago et à New York, ingénieurs et architectes n'ont eu de cesse de se surpasser pour atteindre des hauteurs de plus en plus élevées. Ce qui a nécessité le développement de nouvelles méthodes de construction et la mise au point de matériaux à la fois légers et résistants, capables de supporter le poids de centaines d'étages. Touche-t-on aujourd'hui aux limites du possible avec la Kingdom Tower? Ou verra-t-on un jour des tours de 2 km de haut? Pour le savoir, venez tutoyer les sommets dans les pages qui suivent. Vertige garanti!



# › Construire une tour de 1 km

La construction d'un gratte-ciel est toujours un défi pour les architectes et les ingénieurs. Et la Kingdom Tower, avec son kilomètre de haut, ne fait pas exception. Tous les problèmes classiques des bâtiments de grande hauteur sont

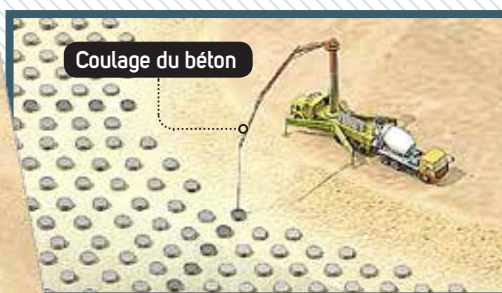
ici amplifiés, à commencer par le vent, qui peut souffler très fort à haute altitude. Or, une tour doit pouvoir osciller légèrement pour « encaisser » la puissance des rafales sans risquer de se briser. Mais si elle se balance trop, elle va donner le mal de mer aux

habitants! Voilà pourquoi toute une série de maquettes ont été testées en soufflerie afin que les architectes puissent peaufiner la forme de la Kingdom Tower et lui assurer un maximum de stabilité. Elle ressemblera à un trépied : une tige très fine (le centre

de la tour) entourée de trois ailes (les parties habitables) qui viendront l'épauler. Pas moins de quatre années de recherche ont été nécessaires pour mener à bien le projet sur plan. Le chantier, lui, a déjà commencé et durera cinq ans.

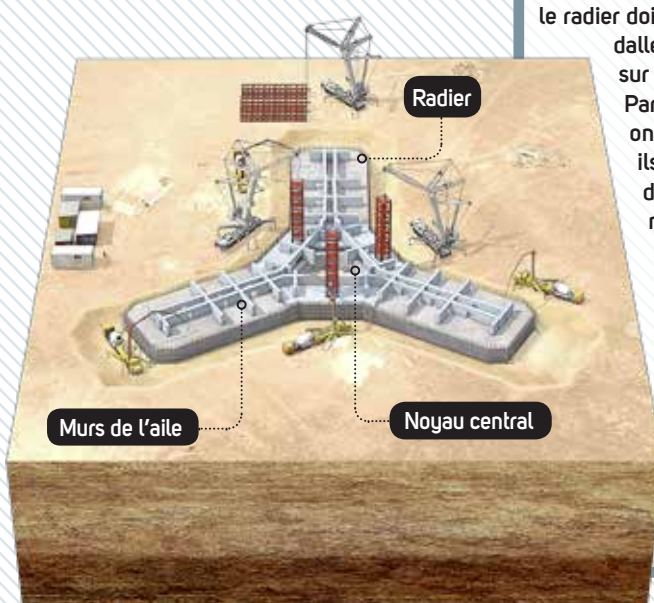
## LE TERRASSEMENT

Une fois que le terrain a été nivelé et aplani, on peut couler le radier, la gigantesque dalle de béton qui supportera les murs de la Kingdom Tower. Ce radier va répartir le poids du bâtiment sur toute sa surface (voir encadré « Le radier »). Mais il ne peut pas être installé à même le sol. En effet, à cause de la masse énorme du gratte-ciel – presque 1 million de tonnes –, le sol sableux pourrait s'affaisser et faire basculer la dalle ; la Kingdom Tower ressemblerait alors à la tour de Pise ! Pour éviter pareille mésaventure, le radier repose sur des pieux : pas des bouts de bois, mais des tubes de béton armé (un béton renforcé par une armature en acier), plantés dans le sol du désert. Ils doivent s'enfoncer profondément afin d'atteindre une couche géologique dure, en grès, sur laquelle ils prendront appui. Pour les planter, on utilise une foreuse qui perce des trous de 1,5 m de large. Une fois l'armature d'acier en place dans le trou, on y coule le béton. La Kingdom Tower repose ainsi sur 270 pieux. Ceux du centre atteignent 105 m de profondeur, une zone où la roche est très dure. Ils évitent ainsi que le radier ne ploie en son centre sous les centaines de milliers de tonnes de la tour. Les autres pieux ne s'enfoncent qu'à 45 m, dans un sol un peu plus meuble, mais suffisamment solide pour supporter les ailes.



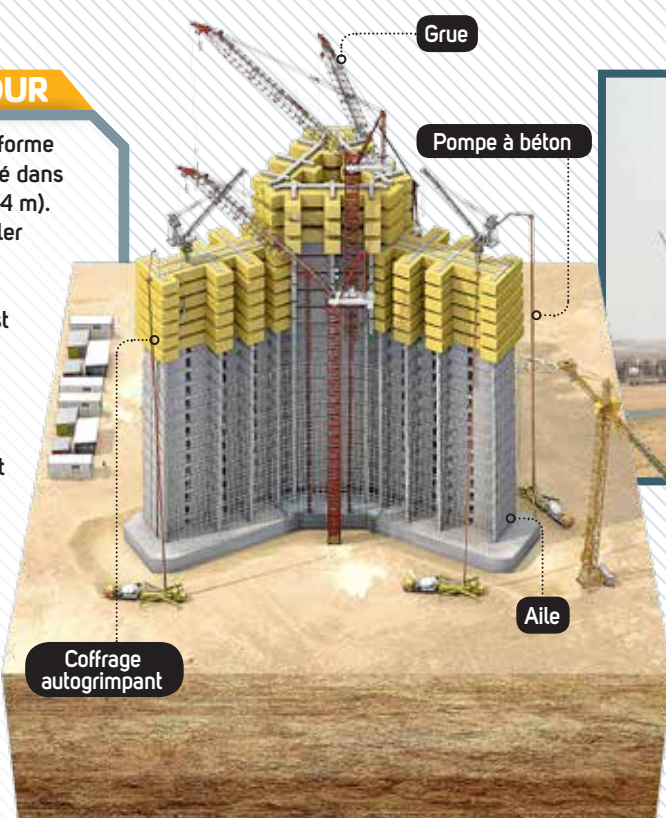
## LE RADIER

Les fondations achevées, il faut couler le radier d'une surface de 3 750 m<sup>2</sup> (en gros, la moitié d'un terrain de football). Mais il est impossible de réaliser cette opération en une fois, car il faudrait des quantités considérables de béton disponibles d'un seul coup. En outre, le radier doit être compartimenté car la dalle n'a pas la même épaisseur sur toute la surface. Pourquoi ? Parce que les ingénieurs ont deux objectifs quand ils construisent une tour : d'abord, utiliser le minimum de matériaux pour limiter le coût ; ensuite, alléger la structure partout où ils le peuvent, car plus la tour est lourde, plus il faut de pieux en renfort. Le radier a ainsi une épaisseur de 5 m aux endroits stratégiques (notamment là où reposent le noyau et les murs des ailes), et de 4,5 m ailleurs. Il est donc coulé zone par zone.



## ÉLEVATION DE LA TOUR

On débute par le noyau central, de forme triangulaire. Tout en béton, il est coulé dans un coffrage de la hauteur d'un étage (4 m). Les ouvriers commencent par y installer le ferrailage du béton armé. Une fois déversé, le béton sèche pendant quelques jours. Ensuite, le coffrage est libéré, dévoilant le mur fraîchement construit. Et après ? Rebelote : le coffrage se hisse au palier supérieur grâce à un système de rails (on parle de coffrage « autogrissant »). Pendant ce temps, une dizaine d'étages plus bas, les murs principaux des ailes sont coulés de la même manière. Le décalage d'une dizaine d'étages entre le montage du noyau et celui des ailes permet aux différents composants de la structure de béton de bien s'agrèger les uns aux autres, garantie de sa solidité. Attention, on parle là de béton haute performance : capable de rester fluide assez longtemps pour être propulsé en haut des tours, il sèche rapidement et, surtout, supporte une très forte compression, jusqu'à quatre fois celle d'un béton standard !



Une photo du chantier prise en septembre dernier.

JEDDAH ECONOMIC COMPANY

## LE SILO ET LA POINTE

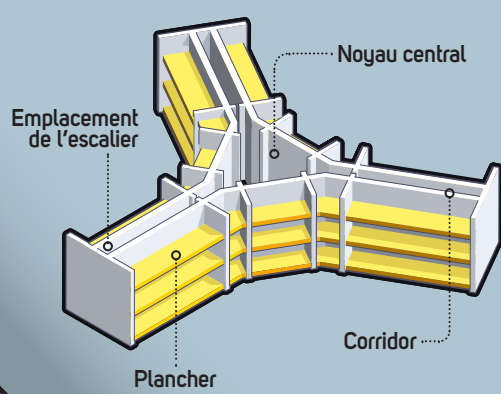
Le béton de la tour est projeté en hauteur par de puissantes pompes. Le problème, c'est qu'il est impossible de propulser du béton à plus de 700 m de hauteur, ce qui est déjà considérable. Voilà pourquoi les ingénieurs de la Kingdom Tower ont eu l'idée d'utiliser la terrasse prévue à 638 m pour installer un > compresseur < supplémentaire. Celui-ci va permettre aux pompes de projeter le béton jusqu'au sommet de la structure. C'est aussi sur cette terrasse que sera installée une grue qui acheminera le matériel nécessaire à la construction du silo, la partie située au-dessus des étages d'habitation, là où les trois ailes fusionnent. Il mesure, à lui seul, 200 m de haut ! Quant aux différentes pièces d'acier qui, une fois rivetées et soudées ensemble, donneront naissance à la pointe ultime du gratte-ciel, elles seront hissées par une seconde grue installée dans un petit espace aménagé dans le silo. Même avec sa flèche dressée fièrement vers le ciel, la Kingdom Tower ne sera pas achevée pour autant. Il restera encore les étages à aménager : planchers en dalles de béton préformées, revêtement extérieur vitré, conduites d'eau et d'électricité ainsi que les ascenseurs à intégrer dans le noyau central. Sans compter tous les aménagements intérieurs plus ou moins luxueux. Mais si tout se passe bien, la Kingdom Tower pourrait être livrée à la fin 2018.



## ZOOM

Un **compresseur** est un appareil qui comprime un gaz (souvent de l'air) sous une pression très forte. Ce gaz sous pression peut actionner le piston d'une pompe et propulser des fluides (eau, béton liquide, etc.).

## COUPE DE TROIS ÉTAGES



Vous voyez ici trois étages standard. Au centre, le noyau en forme de triangle dans lequel passeront les ascenseurs. Deux murs partent de chaque sommet de ce triangle pour former les corridors de chaque étage. Ils desserviront les différents appartements. À l'extrémité de chaque aile, un escalier est prévu pour permettre l'évacuation des habitants.

STÉPHANE JUNGERS POUR SVJ



# › Vivre dans une tour géante

Une fois achevée, la Kindgom Tower accueillera à pleine capacité plus de 5 000 personnes ! L'équivalent d'une ville comme Cancale (Ille-et-Vilaine). Il est donc impératif d'offrir aux habitants de ce gratte-ciel toutes les commodités pour y circuler et y vivre. La Kindgom Tower mettra ainsi à disposition de ses résidents plusieurs centaines d'appartements, des ascenseurs hyper-rapides, des parkings pour les automobiles évidemment, ainsi que des refuges ultrasécurisés si, par malheur, cette petite ville verticale venait à prendre feu.

## TERRASSE

Visible depuis le restaurant d'altitude, la terrasse était prévue à l'origine pour accueillir des hélicoptères. Elle communiquait avec la « suite de prestige », un vaste appartement avec salons de réception et plusieurs chambres, destiné à être loué aux plus fortunés. Mais des pilotes d'hélicoptère ont rapidement émis des doutes sur la possibilité d'atterrir sur cette plateforme. À 638 m d'altitude, les vents soufflent parfois à plus de 150 km/h ! De quoi envoyer les appareils s'écraser contre la façade en cas de bourrasques violentes... Et voilà comment l'héliport est devenu une attraction touristique. On peut admirer cette superbe terrasse depuis l'intérieur, à travers les baies vitrées du bar, ou aller faire un tour à l'extérieur... sans risquer de s'envoler car la terrasse sera protégée par des barrières transparentes.



MICHEL SAEVANN POUR SVJ

## HALL D'ACCUEIL

Le visiteur pénètre dans la tour par un gigantesque hall. Sous les vitres qui laissent passer le soleil, certains visiteurs flânent dans les boutiques de luxe de la rotonde principale, d'autres rejoignent les bureaux des nombreuses entreprises qui occupent sept étages de la tour, tandis que les clients de l'hôtel profitent du spa ou de la salle de gymnastique. Mais pour la majorité des touristes, l'attraction principale, c'est

de prendre l'ascenseur express vers le dernier niveau et découvrir le panorama sur la mer Rouge depuis la terrasse (voir encadré « Ascenseurs »).



ADRIAN SMITH + GORDON GILL ARCHITECTURE

## PARKING ET SOUS-SOL

Deux étages souterrains accueillent essentiellement des parkings (plus de 2 000 places). Mais à ces niveaux, on retrouve aussi les arrivées principales d'électricité, de gaz et d'eau ainsi que les groupes électrogènes et les tuyaux d'évacuation des eaux usées. Toute la tour est alimentée par cette machinerie grâce au noyau central, gigantesque conduit desservant des « étages techniques ». Ces paliers, répartis tous les trente niveaux, n'accueillent aucun résident, mais ils distribuent les câbles électriques et les canalisations d'eau ainsi que les systèmes de ventilation et d'air conditionné vers les étages habités les plus proches. Ils contiennent aussi des pompes chargées de propulser l'eau aux étages supérieurs.



MICHEL SAEVANN POUR SVJ

## ÉTAGES REFUGES

Le plus grave danger qui menace un gratte-ciel, c'est le feu. Tout a donc été conçu pour permettre l'évacuation rapide de la Kingdom Tower en cas d'incendie. Ainsi, au bout de chaque aile, il y a des escaliers derrière des murs en béton d'un mètre d'épaisseur. Problème : quand on habite au 140<sup>e</sup> étage, peut-on sérieusement rejoindre à pied, en une seule fois, le sol situé 560 m plus bas ? C'est presque impossible sans faire quelques pauses. Les ingénieurs et architectes de la Kingdom Tower se sont donc pliés aux règles de construction locales qui imposent l'aménagement d'un « étage refuge » tous les vingt étages d'habitation, une limite acceptable pour une personne en bonne santé avant de devoir se reposer. Ces refuges ont deux avantages. D'abord, ils résistent mieux au feu car ils ont des planchers en béton plus épais. Ensuite, la pression de l'air y est plus forte afin d'empêcher les fumées d'y pénétrer et d'asphyxier les réfugiés. Si le feu venait à prendre dans les étages, des extincteurs automatiques, alimentés par des réservoirs d'eau disséminés dans la tour, sont chargés d'éteindre les flammes, ou au moins de contenir leur propagation avant l'arrivée des pompiers. Tous les habitants de la Kingdom Tower ont pour consigne de se regrouper dans les étages refuges où des ascenseurs viendront les récupérer.

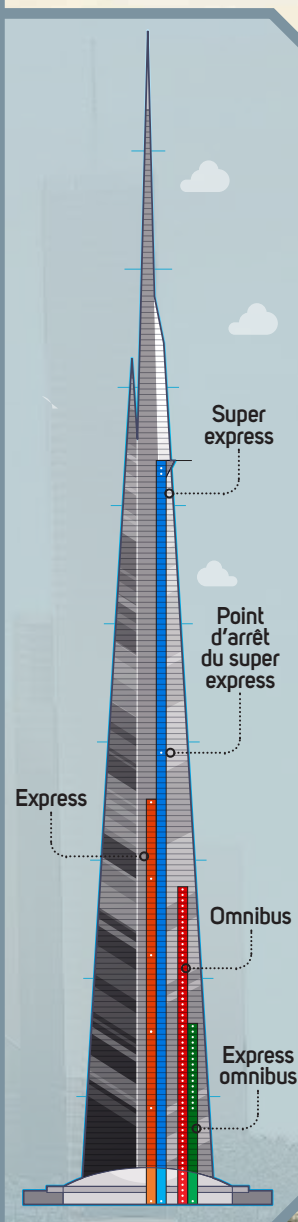


Les luxueux appartements offriront un panorama unique sur la ville.

MICHEL SAEVANN POUR SVJ

## ASCENSEURS

La tour dispose de 58 ascenseurs, dont deux « super express » (en bleu) dotés d'un double pont, c'est-à-dire qu'ils desservent chacun deux étages en même temps ! Cela permet d'embarquer deux fois plus de monde en conservant le même encombrement au sol qu'une seule cabine. Ces ascenseurs montent et descendent les passagers à la vitesse de 10 m/s sur plus de 600 m. En tenant compte des temps d'accélération et de décélération, il faut donc à peu près deux minutes, depuis le rez-de-chaussée, pour parvenir au 159<sup>e</sup> étage, le dernier habité. Les autres ascenseurs se répartissent en trois catégories. D'abord, les omnibus (en rouge) qui s'arrêtent à chaque étage : un groupe d'omnibus dessert les 60 premiers, un autre groupe prend le relais jusqu'au 159<sup>e</sup>. On trouve ensuite les ascenseurs express (en orange), qui s'arrêtent tous les 20 étages dans les parties basses, médianes et hautes de la tour. Enfin, il y a des « express omnibus » qui partent du hall et marquent un premier arrêt au 10<sup>e</sup> ou 20<sup>e</sup> étage avant de continuer en omnibus. Particularité de ces ascenseurs : ils réduisent leur consommation d'énergie en utilisant la descente pour générer du courant, à la manière de la dynamo d'un vélo. De plus, pour limiter leurs déplacements, ils s'adaptent aux usages des habitants de la tour. Ainsi, le matin, à l'heure où de nombreux résidents partent travailler, les ascenseurs restent à proximité des étages d'habitation plutôt que d'attendre au rez-de-chaussée. Enfin, il n'y a pas de « bouton » dans les cabines. Un pavé numérique, à l'extérieur de l'ascenseur, permet de taper l'étage où l'on désire se rendre. L'écran indique vers quelle cabine se diriger et le temps prévu avant l'arrivée de l'ascenseur.



STÉPHANE JUNGERS POUR SVJ



# La petite histoire des gratte-ciel

La Kingdom Tower est le dernier rejeton de la famille des **>gratte-ciel<**. Leur origine remonte à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, à Chicago. La ville est alors un vaste centre d'affaires où les loyers sont très chers. Construite avec des bâtiments de quelques étages, Chicago est très étalée et a du mal à héberger tous ses habitants. Mais après l'incendie qui la ravage en 1871,

architectes et urbanistes sautent sur l'occasion pour bâtir une ville moderne avec des immeubles de plus de 5 étages. Deux innovations vont le permettre. La première est le remplacement des murs porteurs par une ossature en acier. Auparavant, toutes les charges d'un building – la charge verticale, c'est-à-dire son poids, et les charges horizontales dues au vent et aux secousses

sismiques – étaient supportées par les façades en maçonnerie et les murs porteurs. Plus on voulait monter haut, plus ces murs devaient être épais... et plus ils étaient lourds : impossible d'augmenter la hauteur de l'immeuble sous peine de le voir s'enfoncer dans le sol ou s'écrouler sous son poids ! Or, dans les années 1870, la production d'acier explose aux États-Unis. Les architectes ont désormais sous

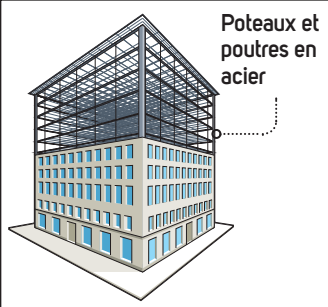
la main un matériau solide et léger pour remplacer la pierre. La seconde innovation décisive est l'ascenseur. Sans Elisha Otis, son inventeur, il aurait été bien difficile de convaincre des gens de vivre ou de travailler dans des immeubles où il fallait grimper chaque jour dix étages, ou plus, à pied ! Dès lors, la course vers les sommets va pouvoir débuter...

1

## LE HOME INSURANCE BUILDING

Construit entre 1884 et 1885 à Chicago, il est considéré comme le premier gratte-ciel de l'histoire. Pourtant, sa hauteur de 42 m n'avait rien d'exceptionnel pour l'époque. En réalité, c'est grâce à son «squelette» qu'il a gagné ce titre. Car plutôt que d'être soutenu par des murs porteurs, le poids du bâtiment repose sur une ossature de «poteaux-poutres» en acier (*voir schéma en médaillon*), un peu à la manière d'un Meccano. Sur cette armature, William Jenney, l'architecte, a posé les planchers des étages et monté des murs en briques. Comme ces façades maçonnées ne supportent plus rien, il devient possible d'y insérer de grandes fenêtres qui éclairent chaque étage. Résultat : le poids de l'immeuble est divisé par trois ! Et on peut maintenant construire plus haut sans craindre que l'immeuble s'enfonce. Avec la structure en acier développée par Jenney, les villes américaines se battent pour avoir le plus grand gratte-ciel. Et c'est New York qui remporte presque toujours la mise. Dès 1890, le New York World Building culmine à 94 m ; en 1909, la Metropolitan Life Insurance Tower atteint 213 m ; et en 1930, le Chrysler Building sidère les New-Yorkais du haut de ses 320 m !

CHICAGO HISTORY MUSEUM/GETTY IMAGES

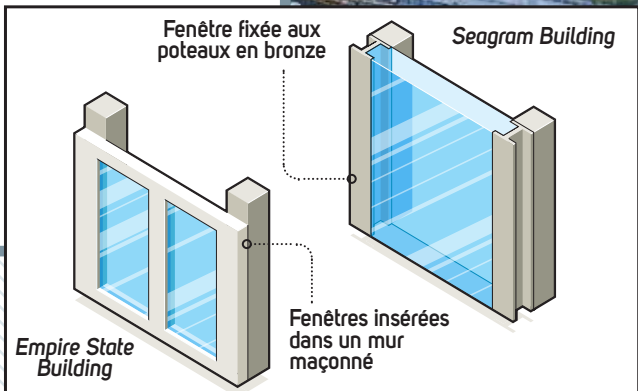


Poteaux et poutres en acier

3

## LE SEAGRAM BUILDING

Désormais, ce n'est plus la grandeur qui prime, mais l'espace aménageable et le confort des habitants. Le style Art déco, à son apogée avec l'Empire State Building, décline dans les années 1930 pour être remplacé par le style «International». Son chef de file, Ludwig Mies van der Rohe, a un leitmotiv simple : «*less is more*». En substance, «moins il y a de matières, mieux c'est». Cet architecte souhaite se débarrasser des murs maçonnés pour les remplacer par des grandes baies vitrées attachées directement sur l'armature métallique du bâtiment. C'est ce qu'il réalise avec le Seagram Building (1958). Ce gratte-ciel ne monte qu'à 157 m, mais toute sa façade est recouverte de fenêtres fixées sur des poteaux en bronze. C'est ce qu'on appelle un «mur rideau» (*voir schéma ci-dessous*) et il offre deux avantages. Premièrement, il laisse la lumière pénétrer par tous les côtés du building. C'est plus agréable (et plus économe) que les ampoules électriques. Deuxièmement, ça allège le bâtiment : des fenêtres, c'est beaucoup moins lourd qu'un mur de briques ! Seul problème, ces immeubles légers sont très sensibles au vent. Or, au-delà du 60<sup>e</sup> étage, les courants d'air peuvent se montrer très violents, assez pour mettre en danger ce genre de gratte-ciel. Il faudra attendre les années 1970 et la «structure en tube» pour trouver la technique qui permettra de grimper encore plus haut (*voir pages suivantes*).



## ZOOM

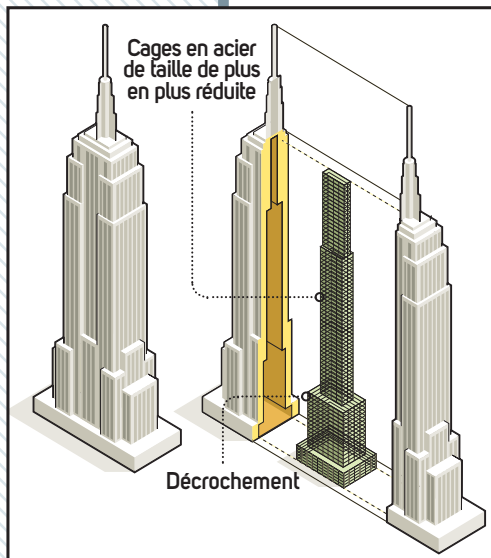
Le mot **gratte-ciel** vient de l'anglais **skyscraper**, terme issu de la marine qui désignait une petite voile triangulaire au sommet d'un mât. Il a été employé pour la première fois en 1888, par la presse, pour évoquer les nouveaux buildings de Chicago et New York.

2

## L'EMPIRE STATE BUILDING

En 1930, l'acier est bien plus résistant qu'en 1884. C'est justement à cette époque que débute l'édification de l'Empire State Building (381 m), le plus haut bâtiment du monde de 1931 à 1972. Pour monter à ces hauteurs vertigineuses, l'architecte William Lamb a recours à une astuce : son gratte-ciel est bâti comme le Home Insurance Building mais les cages en acier qui soutiennent le bâtiment sont de taille de plus en plus réduite au fur et à mesure qu'on monte en hauteur (*voir schéma ci-dessous*). Ces décrochements aux 6<sup>e</sup>, 25<sup>e</sup>, 72<sup>e</sup> et 81<sup>e</sup> étages permettent de stabiliser l'édifice. Avec l'Empire State Building, on atteint les hauteurs maximales possibles à l'époque. De toute façon, la course au gigantisme cesse car la crise économique de 1929 coupe les crédits

de ces projets pharaoniques. Et puis, il y a trop de place perdue dans ces immeubles. Dans les gratte-ciel à décrochements en effet, tout le noyau central sert pour l'essentiel aux ascenseurs (ceux de l'Empire State Building occupent plus d'un tiers de l'espace au sol !). Perdre autant de surface, alors que les loyers augmentent, c'est stupide. Il faut dorénavant construire des buildings avec plus de place à tous les étages plutôt que de chercher à prendre de la hauteur.

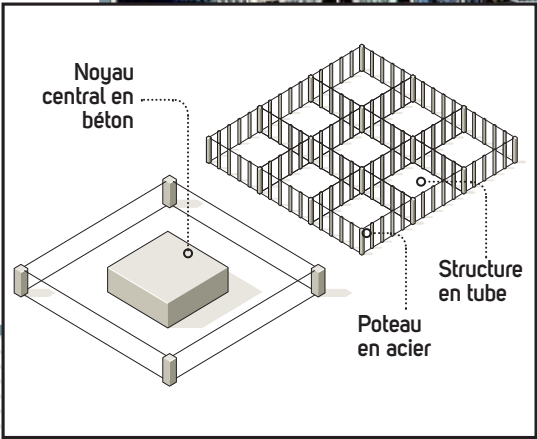


CEDRIC WEBER/SHUTTERSTOCK



LA SEARS TOWER

C'est grâce à l'architecte Fazlur Khan que les gratte-ciel vont prendre un nouvel envol dans les années 1970. Jusqu'ici, pour supporter son propre poids et les rafales de vent, un building repose sur un noyau central en béton, qui assure la stabilité générale du bâtiment en transférant l'énergie de ces deux forces vers le sol. C'est ce qu'on appelle le « contreventement ». Mais le béton est très lourd et prend de la place (jusqu'à un tiers de la surface !). Une absurdité puisque ce que l'on gagne comme place en hauteur est perdu en surface par la colonne centrale en béton. Fazlur Khan a une idée : supprimer ce noyau et faire porter le poids du bâtiment par les poteaux en acier qui le ceinturent. C'est ce qu'on appelle la structure en tube, parce que vu de haut, ça ressemble à un tube tout creux. Seulement, on se retrouve alors avec un problème : comme il n'y a plus de noyau pour absorber l'énergie du vent, le bâtiment est très élastique, c'est-à-dire qu'il ploie comme un roseau sous les rafales. Et si on construit trop haut, l'immeuble risque d'osciller jusqu'à son point de rupture. Fazlur Khan trouve la solution avec la Sears Tower (rebaptisée Willis Tower en 2009). Il imagine neuf tours parallélépipédiques en structure tube de 23 m de côté collées les unes aux autres (voir schéma ci-contre). Si une tour est « poussée » par le vent, elle n'oscille plus, mais transmet son énergie au bâtiment suivant qui fait office de noyau. Chacune des tours participe ainsi au contreventement. Grâce à cette solution, la Sears Tower pulvérise le record de l'Empire State Building en atteignant 442 m.



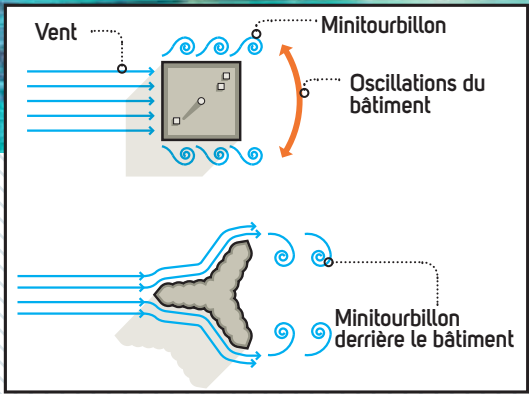
CAROL M. HIGHSMITH/LIBRARY OF CONGRESS

5



LA BURJ KHALIFA

Inaugurée en 2010, la Burj Khalifa de Dubaï (Émirats arabes unis) est près de deux fois plus haute que la Sears Tower : 828 m ! Mais elle reprend pourtant la même idée. Elle est constituée de plusieurs bâtiments qui s'appuient les uns sur les autres pour participer au contreventement. Les architectes n'en gardent pas moins un noyau en béton armé. Car il est plus pratique et moins coûteux de faire passer tous les « tuyaux » (eau, électricité, ascenseurs...) dans un seul gros conduit. En outre, le béton du XXI<sup>e</sup> siècle a gagné en résistance. Auparavant, il supportait 25 kg/cm<sup>2</sup>, dorénavant, il accepte 100 kg/cm<sup>2</sup>. Plus solide, la colonne vertébrale du gratte-ciel n'a plus besoin d'une assise aussi large à la base. D'où un gain de place. La difficulté qu'il a fallu surmonter ici a été de trouver une forme de noyau capable d'encaisser des rafales de vent à plus de 200 km/h au-delà des 500 m d'altitude. Sur une tour parallélépipédique, le vent crée en effet des minitourbillons de chaque côté (schéma ci-dessous). C'est ce qui fait osciller la tour. La Burj Khalifa, avec ses rondeurs et sa forme en Y, canalise le vent, et les vortex se créent derrière le bâtiment. Ce qui limite beaucoup les oscillations, sans toutefois les supprimer complètement. Conséquence : il n'est guère agréable d'habiter en haut car ce balancement peut donner le mal de mer ! D'ailleurs, ces étages sont désertés par les résidents qui préfèrent ceux plus proches du sol, et plus rapides d'accès en ascenseur... Alors certes, rien n'interdit techniquement de construire, demain, des tours encore plus hautes. Mais qui aura envie d'y vivre ?



Plus de 1000 m  
Kingdom Tower  
•  
Djeddah (Arabie saoudite)  
2018

828 m  
Burj Khalifa  
•  
Dubai (E.A.U.)  
2010

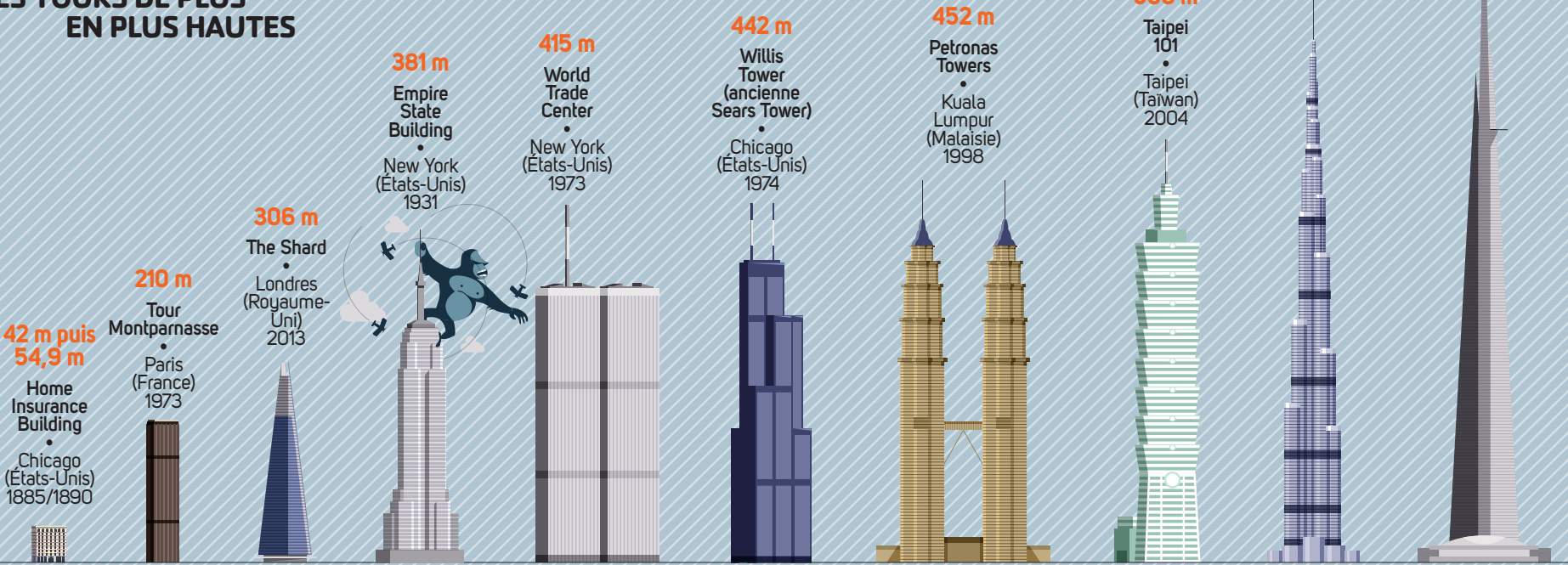
ET EN FRANCE ?

Dans l'Hexagone, la construction d'immeubles de grande hauteur n'a jamais vraiment connu de boom. Aujourd'hui, le gratte-ciel le plus haut est la tour First à La Défense, avec 231 m au total. Elle est suivie par celle de Montparnasse, qui culmine à 210 m. Viennent ensuite la tour Incity (200 m) à Lyon, et la tour Majunga (194 m) à La Défense. Mais habiter dans un gratte-ciel peut s'avérer angoissant : vertige, sensation d'enfermement, etc. C'est pourquoi les architectes cherchent à rendre ces endroits plus agréables à vivre. La tour Majunga (image ci-contre), de Jean-Paul Viguier, en est un bon exemple. On peut y ouvrir certaines fenêtres pour profiter de l'air frais extérieur. Ça semble tout bête, mais ça ne l'est pas ! À 100 ou 200 m, la pression en altitude est inférieure à la pression à l'intérieur de la tour. Ouvrir une fenêtre crée donc un terrible courant d'air. À Majunga, des plaques percées de trous installées devant ces fenêtres équilibrent tranquillement les pressions et empêchent les papiers sur les bureaux de s'envoler ! Grâce à ce système, on peut même sentir, à chaque étage, l'odeur qui monte des pelouses fraîchement coupées... ▀



TAKUJI SHIMIZU

DES TOURS DE PLUS EN PLUS HAUTES



Source : Council on Tall Buildings and Urban Habitat

Remerciements aux architectes Jean-Paul Viguier, Virgile Roger et Timothée Kazmierczak.