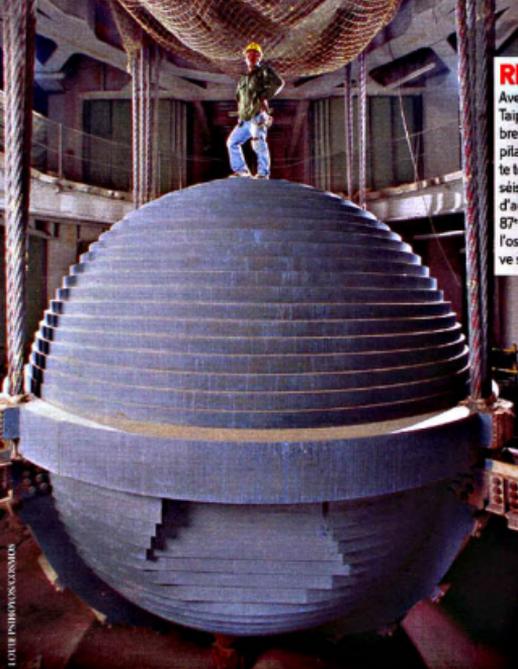


Gratte-ciel LA COURSE À LA HAUTEUR

Matériaux performants et modélisation informatique permettent de construire des buildings dépassant les 450 mètres de haut. Des géants de verre et d'acier qui prolifèrent dans les grandes métropoles.





RECORD ACTUEL

Avec ses 508 mètres de haut, la Taipei 101, inaugurée en décembre 2004 en plein cœur de la capitale de Taïwan, est la plus haute tour du monde (à dr.). En cas de séisme, une boule de 660 tonnes d'acier (à g.), suspendue entre le 87^e et le 92^e étage, compense l'oscillation de l'édifice et préserve son équilibre.



De tels immeubles sont soumis à des contraintes énormes : en effet, les vo

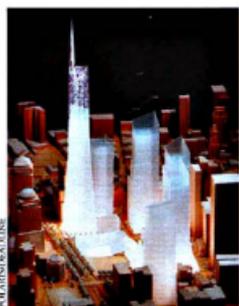
Plantés à 40 mètres de profondeur, cent quatre-vingt-douze piliers sortent de terre. Les fondations de la Burj Dubai viennent de se terminer. Le petit État des Émirats arabes unis pourra bientôt se targuer d'abriter la plus haute tour du monde. Elle devrait culminer à 705 mètres et détrôner sans problème le building Taipei 101 (508 mètres), à Taïwan, l'actuel leader de cette course au ciel. Propriété de la société immobilière de Dubai, Emaar Properties, la Burj Dubai, qui a coûté 875 millions de dollars (soit 709 millions d'euros environ), est avant tout un bon investissement. Avec ses 400 000 m² de surface à louer, un hôtel, des commerces, des bureaux et des résidences privées, sa rentabilité devrait être assurée.

Ailleurs, les tours pullulent plutôt par manque de place, comme à Hongkong ou à Shanghai, en Chine. La capitale économique chinoise vient même de reprendre la construction du

World Financial Center, qui doit culminer à 492 mètres. Son architecture effilée attise la jalousie de sa rivale, Canton, qui, pour reconquérir son prestige passé, veut elle aussi bâtir des tours jumelles qui dépasseraient 500 mètres de haut... Face à ces nouvelles grandes sœurs, notre tour Eiffel nationale (320 mètres) et l'Empire State Building de New York (381 mètres) font pâle figure.

Au début du XXI^e siècle, l'apparition du béton, le développement de la sidérurgie et l'invention de l'ascenseur lançaient la construction de bâtiments s'élevant à plus de 300 mètres. « Depuis, nous avons encore gagné au moins 200 mètres grâce à l'évolution des matériaux. En modifiant leur composition, on a amélioré les performances de l'acier et du béton, capables de supporter désormais des charges beaucoup plus importantes », explique Jean-Marc Jaeger, ingénieur structure chez Setec TPI, spécialisé dans la maîtrise d'œuvre. Sans compter l'utilisation de

nouveaux matériaux comme le titane ou les fibres de carbone, qui permettent l'élaboration de structures élancées et déformables. Une caractéristique essen-



EN CONSTRUCTION. La Freedom Tower, qui s'élèvera à New York à l'emplacement des Twin Towers, mesurera 541 mètres.

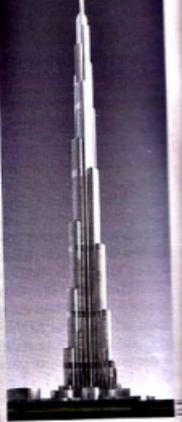
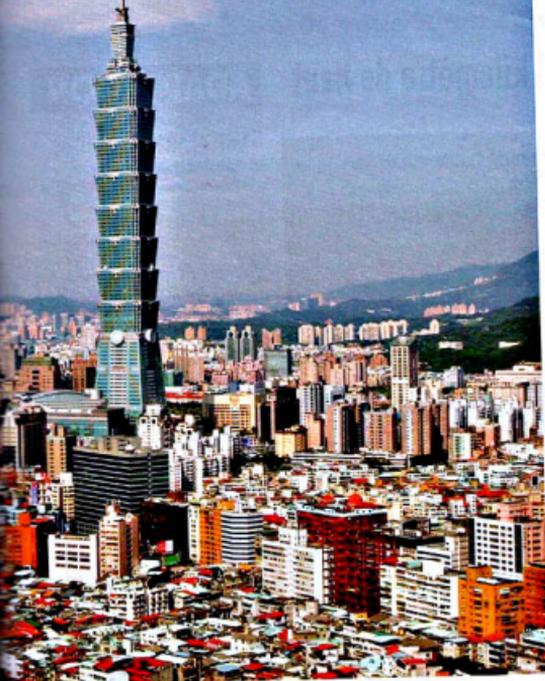
tielle, car les gratte-ciel, très différents des bâtiments standards, réclament une conception adaptée. La Burj Dubai, par exemple,

dispose d'un point d'ancrage solide enfoui à 40 mètres dans le sol, sorte de noyau central en béton parcourant le bâtiment sur toute sa hauteur et assurant le maintien de l'édifice.

DES MAQUETTES BARDÉES DE CAPTEURS POUR LES TESTS

Car plus un édifice est haut, plus il est soumis aux contraintes de vents violents. En soufflerie, les ingénieurs réalisent des simulations à partir de maquettes. Disposés sur une plate-forme pivotante, et bardés d'une centaine de capteurs de pression, ces maquettes sont soumises à différentes forces de vent. « Nous observons ainsi les forces d'enfoncement ou d'arrachement locales qui affectent la façade », indique Gérard Grillaud, responsable scientifique au Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) de Nantes.

Des simulations par ordinateur permettent aussi d'évaluer l'amplitude de mouvement des tours. Pour un gratte-ciel de 500 mètres de haut, l'oscillation au sommet peut varier d'une dizaine de



À LA POINTE

La construction de la Burj Dubai a débuté en janvier dernier. Elle culminera à 705 mètres. La géométrie de sa base, qui évoque une fleur du désert, permettra aussi de mieux répartir sa masse au sol. L'édifice, qui devrait coûter 718 millions d'euros, abritera un hôtel, des commerces et des logements.



violents peuvent engendrer un balancement au sommet de plus de 1 mètre



PROJET FOU

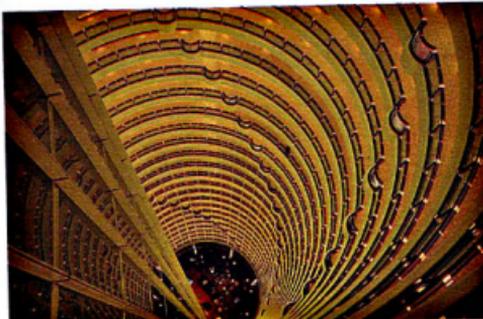
La Bionic Tower pourrait voir le jour à Shanghai d'ici à 2020. Imaginée par les architectes espagnols Rosa Cervera et Javier Pioz, elle atteindrait pas moins de 1228 mètres de hauteur. Ses 300 étages permettraient à 100 000 personnes d'y évoluer quotidiennement. Cette véritable cité verticale, reposant sur une île artificielle, nécessiterait des fondations de 150 mètres de profondeur. Son prix : 12,31 milliards d'euros.

En prévision : des tours de plus de 1 kilomètre de haut

ADAPTATION

... centimètres à plus de 1 mètre. Limiter son amplitude est tout autant une question de sécurité que de confort (lire l'encadré). Mais la forme du bâtiment complique parfois ces études. C'est le cas du projet des tours jumelles de Canton. Audacieux, le jeune architecte français Hervé Tordjman étire ses deux édifices jusqu'à 514 mètres en leur donnant la forme de l'ADN.

Cette course à la hauteur s'arrête un jour stoppée par les limites de la technologie ? « Ce sont plutôt les difficultés logistiques qui risquent de la freiner », répond Jean-Marc Jaeger. Comme le chantier se déplace en hauteur, les matériaux doivent être acheminés au fur et à mesure. Sur les 705 mètres de la Burj Dubai, la circulation verticale promet d'être un casse-tête. Mais la difficulté n'embarrasse pas Bexis, le groupe belge chargé du gros œuvre. « Nous prévoyons de construire un étage par semaine, puis deux étages à partir du 25^e niveau. » Pour tenir ses délais, l'entreprise utilise un coffrage



VERTIGINEUX. Les clients de l'hôtel Hyatt, situé entre le 53^e et le 87^e étage de la Jin Mao Tower, à Shanghai (421 mètres), peuvent en admirer l'impressionnant atrium.

itinérant qui sert de moule au béton et qui monte avec la structure. Le béton sera, lui, pompé et acheminé à 500 mètres de hauteur grâce à une machine conçue exclusivement pour ce chantier.

Tous les obstacles technologiques n'arrêtent pas l'imagination des constructeurs. Deux

architectes espagnols projettent même d'ériger, en 2015, une tour de 1 228 mètres de hauteur à Shanghai. La Bionic Tower, avec ses trois cents étages, deviendrait alors la première ville verticale, haute comme quatre tours Eiffel. Qui dit mieux ? ■

JULIE KRASSOVSKY

L'OSCILLATION EN HAUTEUR

Quand un train roule à une vitesse constante, vous n'éprouvez aucune gêne, mais s'il modifie sa vitesse, vous le percevez immédiatement. C'est la même chose avec l'oscillation d'une tour. L'accélération est exprimée en « g », une unité qui correspond à 9,8 mètres par seconde. Des seuils ont été définis par les scientifiques : à partir de 0,5% de g, l'homme commence à sentir le mouvement. À 5%, il ressent une gêne, et à 15%, une intolérance.

Soumis à l'attraction terrestre, nous sommes moins habitués aux mouvements verticaux. Nos seuils de perception dans un ascenseur sont donc différents ; dès 13% de g, la vitesse se sent nettement perceptible. L'ascenseur le plus rapide du monde (celui du Taipei 101) atteint la vitesse de 17 m/s sans dépasser les 12% de g. Afin de protéger les tympans des passagers, ses cabines ont dû être pressurisées. ■

LE PALMARÈS DES TOURS LES PLUS HAUTES DU MONDE



Toutes les tours de ce classement officiel abritent des bureaux ou des logements, sauf la tour Eiffel*.
1 **TOUR EIFFEL**, Paris, France. 320 m, 3 étages. 1889.

2 **CENTRAL PLAZA**, Hongkong, Chine. 374 m, 78 étages. 1992.

3 **EMPIRE STATE BUILDING**, New York, États-Unis. 381 m, 102 étages. 1931.

4 **INTERNATIONAL FINANCE**

CENTER, Hongkong, Chine. 415 m, 88 étages. 2003.

5 **JIN MAO TOWER**, Shanghai, Chine. 421 m, 88 étages. 1998.

6 **SEARS TOWER**, Chicago, (É.-U.). 443 m, 110 étages. 1974.

7 **PETRONAS TOWERS**, Kuala Lumpur, Malaisie.

452 m, 2 x 88 étages. 1998.

8 **TAIPEI 101**, Taipei, Taïwan.

508 m, 101 étages. 2004.

9 **BURJ DUBAI**, Dubaï,

Émirats arabes unis. 705 m, 160 étages. En construction.

10 **BIONIC TOWER**, Shanghai, Chine. 1228 m, 300 étages. En projet. ■

(*) Hors antennes d'émetteurs télé.