

# LES RENCONTRES DE L'IAUR

## ET SI ON PRENAIT DE LA HAUTEUR ?

Document préparatoire à la commission n°4 «technique et architecture»

Rédaction par Nicolas Kunert et Baptiste Leclerc, master Génie Civil et Urbain - INSA Rennes

Bien que l'on ne construise des bâtiments de grande hauteur que depuis à peine plus d'un siècle, l'amélioration de la qualité des matériaux choisis, des principes constructifs et des outils de calcul et de simulation nous permettent de dépasser les limites techniques pour prendre toujours plus de hauteur. Aujourd'hui nous savons construire des bâtiments de toutes les formes et à toutes les hauteurs et ce, malgré des contraintes de résistance élevées, contre le vent notamment. L'une des questions est donc : **quelles sont les solutions techniques pour prendre de la hauteur?**

Le premier principe constructif utilisé est celui des ossatures poutres-poteaux. Elles ont d'abord été réalisées en bois puis à l'aide de profilés métalliques. Dans ce cas, les murs ne sont pas porteurs, c'est le système poutres-poteaux en acier qui assure la stabilité de l'édifice par une résistance et une flexibilité relativement importante. Ce squelette permet de résister à des efforts internes (poids propre) et externes (vent, neige, poids des utilisateurs). De plus, ce matériau est léger. On peut aussi utiliser le béton qui confère une meilleure résistance au feu à l'ouvrage, bien qu'il soit plus lourd que l'acier. On le retrouve ainsi dans des structures mixtes acier béton ou bien des structures poteaux/poutres avec coques en béton, qui garantissent la stabilité et le contreventement (utilisé entre autres par Freyssinet).

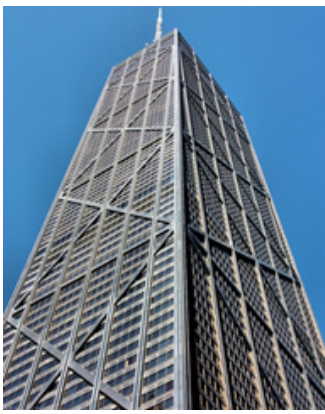


Construction d'un immeuble à ossature poutres-poteaux métallique.

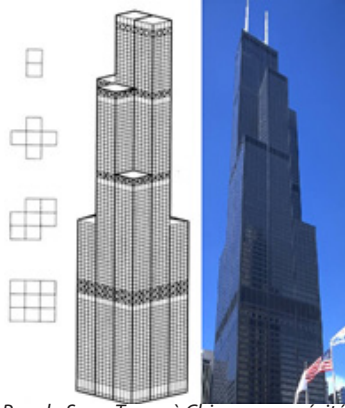


Pour la construction des tours Petronas, en Malaisie, il a fallu trouver la bonne formule de béton pour qu'il soit très résistant mais aussi pour qu'il puisse permettre une certaine flexibilité de l'ouvrage.

Ensuite, vient le mode de construction à voile ou palée de contreventement. Des murs en béton ou de maçonnerie (on les nomme voiles) constituent la structure du bâtiment, assurant sa rigidité. Ce principe, très répandu en France, donne des structures deux fois plus lourdes que celles en acier. C'est pourquoi, sans mettre au point des bétons haute performance, il est difficile d'atteindre des hauteurs importantes. Les structures à noyau central sont maintenant très répandues. Le noyau assure à la fois la stabilité du bâtiment (contreventement) mais il permet également d'inclure les circulations et le passage des fluides et gaines techniques. Pour augmenter la rigidité du bâtiment, on peut lui associer des éléments verticaux (treillis) qui font office de murs pour lutter contre les effets du vent.



Le John Hancock Center à Chicago présente un noyau central et une ossature métallique extérieure en diagonale.



Pour la Sears Tower à Chicago, on a évité les inconvénients d'un noyau central par l'assemblage de tours minces, permettant cette forme asymétrique.



: A l'instar de la tour Marilyn Monroe, à Toronto, dont chaque étage est décalé en rotation, toutes les formes de tours sont aujourd'hui possibles.

Cependant, le noyau central rigide en béton à plusieurs inconvénients : d'abord il pèse très lourd, ensuite il induit des niveaux rigoureusement identiques, et surtout, il prend de la place (jusqu'au tiers de la surface du plateau). Des solutions, comme des structures mixtes noyau central-ossature métallique extérieure (généralement disposées en X), donnent des structures plus rigides et plus légères, mais représentent une contrainte architecturale pour le traitement des façades. Les concepteurs de gratte ciels créent aussi des structures à noyaux éclatés, comme la Hong Kong and Shanghai Bank Tower à Hong Kong dont le dispositif permet de créer un immense espace intérieur, libre de tout poteau.

On construit une tour en progressant étage en étage. Ainsi, les planchers déjà construits contribuent à stabiliser l'ensemble et on peut se reposer sur ceux-ci pour monter les étages supérieurs. Les grues reposent sur les étages construits pour éviter des hauteurs démesurées. L'édification d'une tour de 100/150 m de haut dure en moyenne de 2 à 4 ans mais elle peut être plus rapide. Ainsi l'Empire State Building à New York, haut de 381 mètres et terminé en 1931, a été construit en un peu plus d'un an. Mieux, l'édification d'un immeuble de 30 étages en Chine, a seulement duré 15 jours : un record ! A l'inverse, la Burj Khalifa à Dubaï plus haute tour du monde (828 mètres) a nécessité 6 ans de travaux de janvier 2004 à janvier 2010. Les questions de financement (surtout de 20% par rapport à un immeuble classique) et les difficultés techniques, concernant souvent **la qualité des sols**, sont les facteurs majeurs de l'allongement de la durée des travaux.

La réalisation de tours de grande hauteur nécessite beaucoup de moyens à la fois financiers et humains. C'est pourquoi ces projets sont, et ont toujours été conçus de **manière durable**. La plupart des gratte-ciel de New York construits durant les années 1890 existent toujours. Très souvent, un gratte-ciel n'est détruit que pour faire place à un immeuble plus élevé. Aujourd'hui la technique n'étant plus, à proprement dit, une limite, on peut s'attendre à ce que dans nos villes fleurissent toujours plus de tours, toujours plus hautes et aux formes toujours plus extravagantes.

Actuellement, la question de la hauteur pure n'est plus le seul challenge. Les questions de durabilité, de bien être et d'efficacité énergétique apparaissent comme essentielles pour toute conception de bâtiments. Une question se pose donc : **peut-on alors allier hauteur et confort ?**

#### LES BÂTIMENTS DE GRANDE HAUTEUR : UNE SOLUTION CONTRE LES DÉPERDITIONS THERMIQUES ?

L'intérêt est de savoir quels avantages et inconvénients présentent les constructions de grandes hauteurs comparées aux autres bâtiments. Dès la conception d'un bâtiment, il est indispensable de penser aux déperditions et au confort thermique. C'est pour cette raison que ce sujet d'actualité mérite qu'on lui porte tout notre attention.

#### LE FACTEUR DE LA COMPACTITÉ ET DE L'INERTIE THERMIQUE :

L'inertie thermique d'un matériau est sa capacité à stocker et déstocker de l'énergie (chaleur/fraicheur). Pour un bâtiment, une inertie importante des matériaux de parois (murs, planchers) facilite le confort été comme hiver. En effet, la restitution à l'extérieur du bâtiment de la chaleur le jour et de la fraîcheur la nuit est plus lente, évitant ainsi les variations temporelles de température (jour/nuit). On peut ainsi parler de « **bioclimatisme** » passif.

Les récentes études en la matière ont démontré que la compacité et l'inertie thermique d'une construction de grande hauteur sont meilleures que pour le même bâtiment de petite taille construit avec les mêmes matériaux. **La compacité du bâtiment** et l'épaisseur de la structure nécessaire à la construction favorise en effet une augmentation de l'inertie générale du bâtiment et ainsi du **confort**. Il faut noter que le béton est le matériau de construction offrant la plus grande inertie (plus le matériau est lourd plus son inertie thermique sera grande).

#### LES GAINS POSSIBLE EN ISOLATION :

Les bâtiments de hauteur peuvent être avantageux en termes d'isolation pour les raisons suivantes :

- La compacité évite les pertes trop importantes à travers les plafonds.
- Les ponts thermiques au niveau des dalles de plancher et murs porteurs peuvent être évités grâce à une isolation par l'extérieur. Les déperditions sont ainsi limitées de façon significative

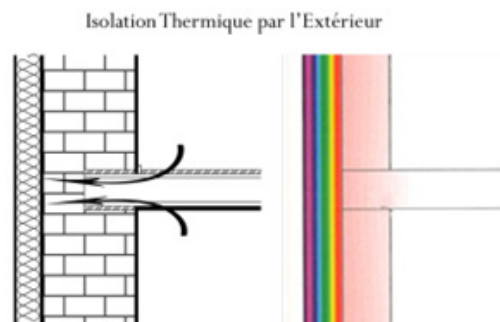


Figure 35 : Température interne d'une paroi en Isolation Thermique par l'Extérieur

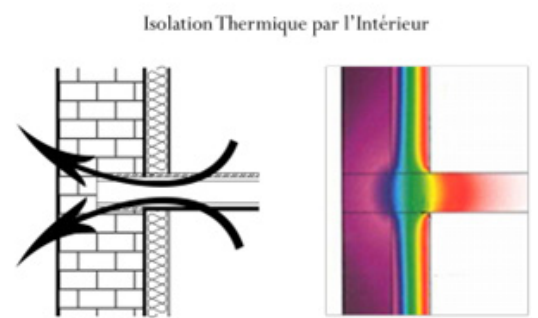


Figure 36 : température interne dans une paroi en Isolation Thermique par l'Intérieur

Les déperditions thermiques au niveau des ponts thermiques.

## L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE POUR LE CVC ( CHAUFFAGE, VENTILATION, CLIMATISATION ) :

La réalisation de tours nécessite plus d'énergie du fait de sa superficie d'activité et de sa hauteur. Cependant des exemples de bâtiment tel que la tour Elithis à énergie positive à Dijon prouve qu'il est possible d'aussi bien chauffer, refroidir ou ventiler efficacement une tour.

Une telle tour est efficace car elle fait intervenir :

- Un « éco-management », c'est-à-dire une sensibilisation des employés aux gestes permettant de réduire les consommations d'énergie.
- Une automatisation vue de manière globale, avec une interaction indispensable entre tous les automatismes (lumière, chauffage, ventilation).
- Une gestion intelligente des locaux, adaptation de la ventilation au nombre d'occupant.
- Une récupération de l'énergie des serveurs par un groupe de transfert thermique.

Il est donc possible d'obtenir une atmosphère confortable et saine en effectuant une gestion « intelligente » et interconnectée des équipements de CVC. De plus leur besoins en énergie peuvent être largement diminué avec les solutions présentent sur le marché.

## LA RÉGLEMENTATION INCENDIE DES IMMEUBLES DE GRANDES HAUTEUR

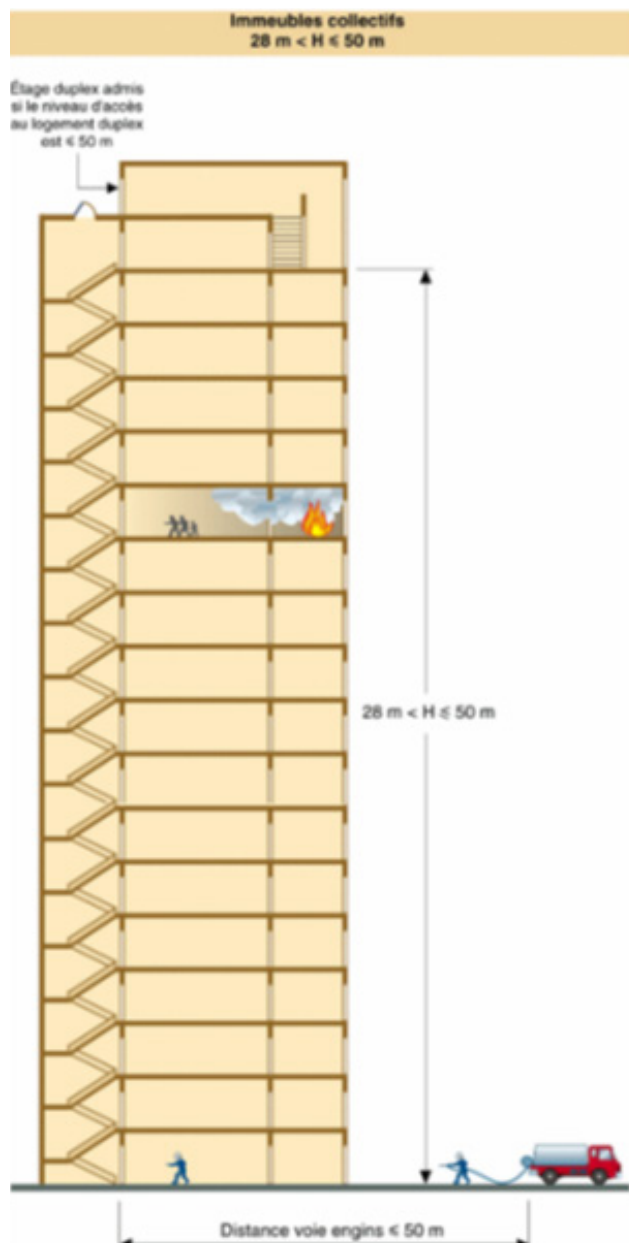
La réglementation incendie est assez spécifique concernant les IGH. L'intervention des secours ne s'effectue que par des voies-engins et non pas au moyen d'échelles.

Quelques soit leur utilisation ils doivent être :

- divisés en compartiments isolés ou isolables les uns des autres.
- réalisés avec des matériaux spéciaux stables au feu (15min à 2h).

Pour conclure, construire en hauteur ne pose plus de réels problèmes techniques. Les technologies présentent sur le marché permettent en effet de répondre aux contraintes physiques et réglementaires. La principale limite est donc de l'ordre idéologique, financière et humaine.

Schéma représentatif des normes incendies  $28m < H < 50m$



Tour Elithis à énergie positive grâce entre autre à une automatisation globale des équipements énergivores.