

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mohamed Seddik Benyahia – Jijel  
Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :  
**MASTER ACADEMIQUE**



Filière :  
**ARCHITECTURE**

Spécialité :  
**ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE**

Présenté par :  
**Sarah BENCHAREF**



**Imane FAKROUN**

**THEME :**

**Quels IGH adaptés à JIJEL ?**

Le : 03/10/2015

Composition du Jury :

Mm BERDI. H  
M. ROUIDI. T  
M. BLIBLI. M

Maitre-assistante, université de Jijel, Présidente du jury.  
Chef de département, université de Jijel, Membre du Jury  
Maitre-assistant, université de Jijel, Directeur de mémoire.

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très chers parents pour leur soutien moral et leurs sacrifices le long de ma formation:

A la source d'amour et de tendresse, symbole de sacrifice et d'affection à celle qui m'a tout donné:

A toi ma chère mère

A celui que je considère comme mon exemple, qui me donne la foi de continuer mon chemin:

A toi mon cher papa

A ma très chère sœur Ilham et mon cher beau-frère Rachid.

A mes chers frères et ma chère sœur: Imed; Zakaria et Fadoua.

A mon ange et ma joie ma nièce: Meissane.

A mes tantes et à mes oncles

A ma binôme: Sarah qu'on a passé des bons moments ensemble.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, mes sœurs de cœur: Amina (R), et Siham

A mes très chères amis de l'atelier 27: Imène, Hajar, Nara, Sima, Zahra, Amina, Anissa avec lesquelles j'ai partagée des moments inoubliables.

A tous les gens qui m'aiment et que j'aime.

A mon encadreur et aux membres du jury.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

A toute personne dont j'ai une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et que j'aime.

Pour vous tous,

Merci.

Imane

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très chers parents pour leur soutien moral et leurs sacrifices le long de ma formation:*

*A la source d'amour et de tendresse, symbole de sacrifice et d'affection à celle qui m'a tout donné :*

*A toi ma chère mère*

*A celui que je considère comme mon exemple, qui me donne la foi de continuer mon chemin :*

*A toi mon cher père*

*A mon cher frère et ma chère sœur ; Hocine et Yasmine*

*A mes tantes et à mes oncles*

*A ma binôme : IMENE qu'on a passé des bons moments ensemble.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, mes sœurs de cœur : Chicha, et Kenza*

*A mes très chères amis de l'atelier 27 : Sakura, Nara, Sima, Zahra, Anissa avec lesquelles j'ai partagée des moments inoubliables*

*A tous les gens qui m'aiment et que j'aime.*

*A mon encadreur et aux membres du jury.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

*A toute personne dont j'ai une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et que j'aime.*

*Pour vous tous,*

*Merci*

*Sarah* //

## Remerciements

Tout d'abord, on remercie Dieu, le Tout puissant, de nous avoir donné la force et la patience pour la réalisation de notre travail.

On remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail,

On remercie notre encadreur Mr MBLIBLI pour son Aide et ces orientations efficaces et positives et son indéfectible soutien tout au long de ce projet mené sous sa conduite éclairée.

On présente également mes remerciements aux membres du jury qui ont acceptés de participer à l'évaluation de notre travail.

A toute l'équipe pédagogique qui a participé à notre formation depuis l'école primaire à ce jour

Imane et Sarah

## Résumé :

Notre objectif dans cette recherche, est de déterminer les différentes notions des immeubles de grande hauteur, que ça soit par rapport à l'aspect chronologique de ces immeubles ou sur le plan architecturale et technique, et de pouvoir prouver que les IGH sont une solution pour le problème de densité, ressentie ces dernières décennies.

Nous avons pu comprendre que Les immeubles de grande hauteur à usage mixte obligent des études approfondies, pour déterminer la répartition des étages selon les fonctions qu'ils regroupent.

Construire et habiter dans une tour, nécessite de connaître les différentes techniques constructifs et matériaux de constructions les plus adapté pour les IGH, cela réside a des technique nouvelles pour faire face aux différentes contraintes ; aujourd'hui construire en hauteur, est devenu une réel course, qui construiras plus haut, telle est la question ? Mais le problème qui se pose et de pouvoir construire en toute sécurité, le problème qui a était poser dans la tour Taipei 101 dans la solution est de crée un pendule pour démineur les forces du vent.

La compréhension des obligations et préventions et consignes, est obligatoire pour un habitant d'une tour, ainsi que les différents organismes de protection pour prendre en considération la construction en cas de catastrophe.

## ملخص

هدفنا من هذا البحث هو تحديد مختلف المفاهيم للعمارات ذات الارتفاع الكبير سواء بالنسبة للترتيب الزمني لها او بالنسبة للمخطط الهندسي و التقني و محاولة اثبات أن هذه البنايات العالية هي وسيلة لحل مشكل الكثافة السكانية الملحوظة في الأونة الأخيرة.

تمكنا من فهم أن العمارات المرتفعة ذات الاستخدام المتعدد تستوجب دراسات معمقة لأجل توزيع الطوابق حسب الوظائف التي تجمعها.

إن البناء والسكن في الأبراج يتطلب معرفة تقنيات البناء المختلفة ومواد البناء الأكثر ملاءمة لها، و هذا يكمن في التقنيات الجديدة لمواجهة الصعوبات المختلفة، اليوم البناء على ارتفاع اصبح سباق حقيقي، من بيني أعلى هو السؤال. و لكن المشكل المطروح هو امكان البناء بكل أمان فهو نفس المشكل المطروح في ناظحات السحاب الصينية 101 وهو اختراع نواس من أجل تحديد قوة الرياح.

فهم المتطلبات والاحتياجات والتعليمات أمر واجب بالنسبة لساكن في ناظحة سحاب زيادة عن مختلف نظم الحماية في البناء في حالة حدوث الكوارث.

## **Abstract:**

Our goal in this research is to determine the different concepts of high-rise buildings, whether it is related to the chronological aspect of these buildings or the architectural and technical aspect, and to prove that high-rise buildings are a solution to the human density problem, felt in recent decades.

We could understand that mixed-use high-rise buildings forced us to do extensive studies, in order to define the distribution of the floors according to the grouping functions.

Building and living in a tower, requires knowing the different constructive techniques, materials best suited for high-rise buildings, it drives to new techniques for dealing with various constraints.

Today building height, has become a real race between the nations, which will build higher, that is the question? But the problem that arises is to build safely, the problem was asked in Taipei 101 and the solution was to create a pendulum to minimize wind forces.

Understanding the obligations, preventions and instructions, are essential for inhabitant of a tower, and the various protection agencies to consider all the possible risks of the constructions in case of a disaster.

## **Mot clé :**

- IGH
- Multifonctionnel
- Ville verticale, densité
- Tour

# Sommaire

Dédicaces Imene.....	I
Dédicaces Sarah.....	II
Remerciements :.....	III
Résumé en Français : .....	IV
Résumé en Arabe : .....	V
Résumé en Anglais et mot clé.....	VI
Sommaire : .....	VII, VIII, IX, X, XI
Liste des tableaux : .....	XII
Liste des photos : .....	XII, XIII, XIV
Liste des figures : .....	XIV, XV, XVI
Glossaire des abréviations : .....	XVII
<b><u>Introduction Générale :</u></b>	
1. Introduction : .....	01
2. Problématique : .....	01
3. Hypothèses : .....	03
4. Contexte urbain : .....	04
5. Questionnaire : .....	05
6. Méthodologie de recherche : .....	05
<b><u>I. Chapitre 01 : Définition et concept :</u></b>	
➤ Introduction : .....	06
I.1-1-Thème choisie : .....	06
I.1-2-Définition des IGH : .....	06



I.1-3-Aperçue historique :	07
I.1-3-1- Hier :	07
I.1-3-2- Aujourd'hui :	11
I.1-4-Classement des IGH :	11
➤ Conclusion :	11
<b>II. <u>Chapitre 02 : Aspect technique des IGH :</u></b>	
➤ <b>Introduction :</b>	<b>12</b>
<b>II.1-Implantation des Immeubles de Grande Hauteur :</b>	<b>12</b>
<b>II.2-Type de fondation : (Les pieux) :</b>	<b>12</b>
II.2-1-Choix du type de fondations :	13
II.2-2-Fondations spéciales :	13
II.2-3-Les différents types de pieux :	14
II.2-4-Exemple : les fondations de la tour Burdj Dubaï :	14
<b>II.3-Type de structure :</b>	<b>15</b>
II. 3-1-L'ossature en acier :	15
II. 3-2- le béton armé :	15
II. 3-3- Noyau de béton : structure en béton :	16
II. 3-4 Noyau central -ossature métallique :	18
II. 3-5- La structure en tube :	19
II. 3-6- La structure à ossature extérieure triangulée :	21
II. 3-7- Des structures à noyaux éclatés :	23
II. 3-8- Ossature d'acier à piliers d'appuis :	24
II. 3-9- Nouvelle perspectives :	05
II.3-9-1- Tour polycentrique :	25
II.3-9-2- L'exosquelette :	26
<b>II.4-Contreventement :</b>	<b>27</b>
II.4- 1-Contreventement de la structure en béton :	27
II.4-2- Le contreventement par noyaux :	28
II.4-3- Contreventement de la structure Métallique :	29
<b>II.5-Contraintes et solutions à de nouveaux records Pendule) :</b>	<b>30</b>

II.5-1- Les Contraintes :.....	30
II.5-2- Les solutions :.....	31
<b>II.6- Matériaux de constructions :.....</b>	<b>33</b>
II.6-1- Caractéristique et types des matériaux :.....	34
II.7-2- Les contraintes des matériaux :.....	36
<b>II.8-Dégagement : Ascenseur, escalier, circulation horizontale, portes, (conception).</b>	<b>37</b>
<b>II.9- Confort (chauffage, ventilation, conditionnement d'air) :.....</b>	<b>40</b>
II.9-1- Les chaufferies :.....	40
II.9-2- Conditionnement d'air :.....	40
II.9-3- Ventilation :.....	40
<b>II.10- Architecture des immeubles de grande hauteur :.....</b>	<b>41</b>
II.10-1- Organisation spatiale :.....	41
II.10-2- Façade :.....	43
II.10-3-Styles des grattes ciel :.....	44
➤ Conclusion :.....	47
<b>III. <u>Chapitre 03 : Sécurité et prévention :</u></b>	
➤ Introduction :.....	48
<b>III.1- Les principes fondamentaux de sécurité :.....</b>	<b>48</b>
<b>III.2- Les parcs de stationnement :.....</b>	<b>49</b>
<b>III.3-Le volume de protection des IGH Isolation des constructions :.....</b>	<b>49</b>
II.3-1- Choix de l'isolement :.....	49
II.3-2- le mur d'isolement :.....	49
II.3-3- Le volume de protection :.....	49
<b>III.4 Le compartimentage dans les IGH:.....</b>	<b>50</b>
III.4-1- Caractéristiques d'un compartiment :.....	50
<b>III.5- Désenfumage en IGH:.....</b>	<b>51</b>
III.5-1- Les différents volumes à désenfumer :.....	52

III.5-2- Principes de désenfumage en IGH:.....	52
III.5-3- Désenfumage de secours :.....	53
<b>III.6- Systèmes de sécurité incendie en IGH:.....</b>	<b>54</b>
III.6-1- SSI de catégorie A (option IGH) :.....	54
III.6-2- Implantation des détecteurs automatiques d'incendie :.....	54
III.6-3- Principes de fonctionnement :.....	54
<b>III.7-Évacuation du public et des occupants dans un IGH:.....</b>	<b>56</b>
III.7-1- Evacuation des personnes à mobilité réduite :.....	56
<b>III.8- Moyens de secours d'un IGH :.....</b>	<b>57</b>
III.8-1- Les moyens de secours :.....	57
III.8-2- Le système de sécurité incendie :.....	57
III.8-3- Les dispositifs d'alerte :.....	57
III.8-4- Les extincteurs :.....	57
III.8-5- Les robinets d'incendie armés :.....	58
III.8-6- Système d'extinction automatique :.....	58
III.8-7- Les colonnes sèches :.....	58
III.8-8- Les colonnes humides :.....	58
III.8-9- Les bouches et poteaux d'incendie :.....	58
III.8-10- Poste de sécurité en IGH:.....	59
<b>III.9- Ascenseurs et monte-charges en IGH:.....</b>	<b>60</b>
III.9-1- Gaines et cabines d'ascenseurs et de monte-charges :.....	60
III.9-2- Protection des accès aux ascenseurs et monte-charges :.....	60
III.9-3- Ascenseurs prioritaires pompiers :.....	60

<b>III.10-Installation électrique et éclairage :</b>	<b>60</b>
III.10-1- Alimentation électrique de sécurité :	61
III.10-2- Locaux de service électrique :	61
III.10-3- Eclairage :	62
<b>III.11-Gaines et conduits dans un IGH:</b>	<b>62</b>
III.11-1- Différents types de gaines :	62
III.11-2- Différence entre un conduit et une gaine :	63
III.11-3- Critères de résistance au feu :	63
III.11-4- Mesures préventives :	64
<b>III.12-Résistance au vent :</b>	<b>65</b>
<b>III.13-Résistance parasismique :</b>	<b>66</b>
➤ <b>Conclusion :</b>	<b>66</b>
<b>IV. Conclusion générale :</b>	<b>67</b>
<b>V. Bibliographie :</b>	<b>68</b>

## Liste des Tableaux

Numéro	Titre	Ndu chapitre	Page
Tableau 1	Classement des IGH	I	11
Tableau 2	Matériaux de construction pour IGH	II	33
Tableau 3	Caractéristique des matériaux pour les IGH	II	34
Tableau 4	Caractéristique des matériaux pour les IGH	II	35
Tableau 5	Contrainte des matériaux	II	36
Tableau 6,7 et 8	Dégagement	II	37.38.39
Tableau 9 et 10	Organisation spatiale	II	41.42
Tableau .10, 11et 12	Style des gratte-ciel	II	44.45.46

## Liste des photos

Numéro	Titre	Ndu chapitre	Page
Photo. 1	Plan voisin Le Corbusier, 1925.		05
Photo. 2	Avenue des maison-tour, August Perret, 1922.		05
Photo. 3	La tour de Babel	I	07
Photo. 4	Pyramide d'Egypte	I	08
Photo. 5	Demeures bourjoise Yémen	I	08
Photo. 6	Palais de Sanaa, Yémen	I	09
Photo. 7	500 maisons de Hadramaout, Shibam	I	09
Photo. 8	Le grand incendie de Chicago	I	10
Photo. 9	Destruction du centre-ville de Chicago	I	10
Photo. 10	Singer building	I	10
Photo. 11	Home Insurance Building	I	10
Photo. 12	New York world building	I	10
Photo. 13	Le Manhattan life insurance building	I	10

Photo. 14	les tours jumelles de World Trade Center	I	10
Photo. 15	Destruction des tours jumelles de World Trade Center	I	10
Photo. 16	Fondations de la tour Burdj Dubai	II	14
Photo. 17	Le Home Insurance Building	II	15
Photo. 18	La tour CMA CGM	II	16
Photo. 19	Les Tours de Marina city	II	18
Photo. 20	Construction des Tours de Marina city	II	18
Photo. 21	Le World Trade Center	II	19
Photo. 22	La Sears Tower de Chicago	II	20
Photo. 23	John Hancock Center à Chicago	II	22
Photo. 24	La Hearst-Tower	II	23
Photo. 25	Hong Kong & Shanghai Bank	II	24
Photo. 26	World Trade Center.	II	24
Photo. 27	les Guangzhou Twin Towers	II	26
Photo. 28	La tour torsadé 2003 santiago calvata	II	27
Photo. 29	La Commerzbank	II	31
Photo. 30	Amortisseur de masse	II	32
Photo. 31	Détail amortisseur de la tour de Taipei	II	32
Photo. 32	Acier	II	33
Photo. 33	Béton	II	33
Photo. 34	Verre	II	33
Photo. 35	Singer building	II	44
Photo. 36	Edifice Sun Life	II	44
Photo. 37	Cathédrale de Savoir	II	44
Photo. 38	Torre Latino americana	II	45
Photo. 39	Hôtel Ukraine	II	45
Photo. 40	Willis Tower	II	45
Photo. 41	Lippo Centre	II	46
Photo. 42	Burdj Al Arabe	II	46

<b>Photo. 42</b>	Burdj Al Arabe	II	46
<b>Photo. 43</b>	Messeturn	II	46
<b>Photo. 44</b>	Poste de sécurité dans un IGH	III	59

### Liste des figures

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Ndu chapitre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure. 1</b>	schéma représente les résultats des questionnaires		05
<b>Figure. 2</b>	schéma d'un immeuble de grand étage		06
<b>Figure. 3</b>	volume de protection	I	12
<b>Figure. 4</b>	Espacement de la protection civil	II	12
<b>Figure. 5</b>	Fondation	II	13
<b>Figure. 6</b>	Fondation pieux	II	13
<b>Figure. 7</b>	Test fondation	II	13
<b>Figure. 8</b>	Les pieux et le radier de burdj el Khalifa Dubai	II	14
<b>Figure. 9</b>	Détail de structure du Le Home Insurance Building	II	15
<b>Figure. 10</b>	Exemple structure noyau en béton	II	16
<b>Figure. 11</b>	Détail structure en noyau de béton	II	17
<b>Figure. 12</b>	les effets extérieurs sur la structure en noyaux de béton.	II	18
<b>Figure. 13</b>	Détail du World Trade Center	II	19
<b>Figure. 14</b>	Conception de La Sears Tower de Chicago	II	20
<b>Figure. 15</b>	La structure à ossature extérieure triangulée	II	21
<b>Figure. 16</b>	schéma du John Hancock Center à Chicago	II	22
<b>Figure. 17</b>	Coupe sur la Hearst-Tower	II	23
<b>Figure. 18</b>	Ossature du Hong Kong & Shanghai Bank	II	24
<b>Figure. 19</b>	schéma de la tour polycentrique	II	25
<b>Figure. 20</b>	Quelques types de contreventement en bâtiment	II	28
<b>Figure. 21</b>	Exemple de contreventement par noyaux en béton	II	28
<b>Figure. 22</b>	Contreventement de la Hong Kong & Shanghai Bank	II	29
<b>Figure. 23et 24</b>	contreventement du Palées triangulée	II	30

<b>Figure. 25</b>	La tour de Taipei 101.phenomene d'accélération	II	32
<b>Figure. 26</b>	Amortisseur de la tour de Taipei	II	32
<b>Figure. 27</b>	La glace Flat recuite	II	34
<b>Figure. 28</b>	La glace armée	II	34
<b>Figure. 29</b>	La glace trompée themiquement	II	34
<b>Figure. 30</b>	La glace trempée chimiquement	II	35
<b>Figure. 31</b>	le vitrage feuilleté	II	35
<b>Figure. 32</b>	La traction	II	36
<b>Figure. 33</b>	La compression	II	36
<b>Figure. 34</b>	Le cisaillement	II	36
<b>Figure. 35</b>	La torsion	II	36
<b>Figure. 36</b>	La flexion	II	36
<b>Figure. 37</b>	Largeur dégagement	II	37
<b>Figure. 38</b>	Circulation horizontale	II	37
<b>Figure. 39</b>	Locaux	II	37
<b>Figure. 40</b>	Dépôt	II	37
<b>Figure. 41</b>	Porte vitrée	II	37
<b>Figure. 42</b>	Porte de locaux	II	38
<b>Figure. 43</b>	Porte de locaux en cul -de- sac	II	38
<b>Figure. 44</b>	Escalier continue	II	38
<b>Figure. 45</b>	Noyau centrale	II	38
<b>Figure. 46</b>	espace d'accès escalier	II	39
<b>Figure. 47</b>	séparation entre escalier	II	39
<b>Figure. 48</b>	Ascenseur	II	39
<b>Figure. 49</b>	interdiction du troisième Ascenseur	II	39
<b>Figure. 50</b>	Distance pour sapeurs des pompiers	II	39
<b>Figure. 51</b>	Installation de la chaufferie dans IGH	II	40
<b>Figure. 52</b>	Plans de la tour Marina City	II	41



<b>Figure. 53</b>	Composition de la Sears Tower	II	41
<b>Figure. 54</b>	Plan RDC de la Hong Kong & Shanghai Bank.	II	41
<b>Figure. 55</b>	Plans de la Hong Kong & Shanghai Bank.	II	42
<b>Figure 56 et 57</b>	Plan de la downtown Atheletic tour	II	42
<b>Figure. 58</b>	Coupe et façade de la baie vitrée	II	43
<b>Figure. 59</b>	Parc de stationnement	III	48
<b>Figure. 60</b>	Volume de protection	III	48
<b>Figure. 61</b>	Elément d'isolement	III	49
<b>Figure. 62</b>	Situation d'un compartiment	III	50
<b>Figure. 63</b>	Caractéristique d'un compartiment	III	50
<b>Figure. 64</b>	Solution A et B désenfumage	III	52
<b>Figure. 65</b>	Circulation commune horizontale sas	III	53
<b>Figure. 66</b>	Situation des locaux technique	III	61
<b>Figure. 67</b>	Isolation locaux technique	III	62
<b>Figure. 68</b>	Gaine et conduits	III	63
<b>Figure. 69</b>	Les efforts transmis par le vent	III	65
<b>Figure. 70</b>	Oscillation verticale et horizontal d'un bâtiment	III	66
<b>Figure. 71</b>	isolation parasismique	III	66

## **Glossaire des abréviations**

**AV. J.-C :** avant Jésus-Christ

**BHP :** Béton à Haute Performance.

**CF 2h :** Coupe-feu degré deux heures.

**ERP :** Equipement Recevant Publique.

**IGH :** Immeuble de Grande Hauteur.

**M0 :** Matériaux Incombustible ininflammable.

**N-NO :** Nord – Nord-Ouest.

**PDAU :** Plan Directeur D'Aménagement Et D'Urbanisme.

**POS :** Plans D'occupation De Sol.

**PCS :** Poste de Contrôle et Sécurité.

**PC :** Poste de Contrôle.

**RDC :** Rez de chaussée.

**S-S.E :** Sud – Sud Est.

**REI 240 :** Coupe-feu de degré 4 heures.

**SSI :** Service de Sécurité Incendie.

**2 h ou R120 :** Coupe-feu degré deux heures.

# Introduction Générale

## **Introduction Générale :**

### **1. Introduction :**

L'immeuble de grande hauteur est depuis la fin du XIXe siècle, un monument auquel l'architecture et la capacité est signe de puissance du pays dans lequel il se trouve. « *Allons ! Bâtissons-nous une ville et une tour dont le sommet pénètre les cieux ! Faisons nous un nom et ne soyons pas dispersés sur toute la terre* »<sup>1</sup> C'est ainsi qu'est née le rêve de construire des tours toujours plus hautes et plus imposante. Les technologies d'aujourd'hui permettent de construire encore plus haut et celles de demain permettront peut-être de construire dans des endroits encore inimaginable. Plusieurs gratte-ciels actuels dépassent les 500m, dont le plus haut actuellement 828 mètres mais les innovations et la volonté de l'homme prépare encore des tours de plus en plus impressionnante pouvant arriver jusqu'à un kilomètre de haut dans des zones des fois non conforme comme la mer ou bien le ciel.

### **2. Problématique :**

La ville est un objet perçu et apprécié par des milliers de gens de classes et de caractères très différents. Elle est également le produit de constructeurs qui constamment pour diverses raisons modifient sa structure.

La modification du tissu de JIJEL s'accroît de jour en jour, la quantité en architecture et urbanisme, a eu le dessus au détriment de la qualité, au mépris des normes des règles et des notions. Cela est la cause des différentes mutations après l'indépendance et à cause également à la décennie noire ce qui a créé des habitats précaires. L'explosion démographique sans précédent a nécessité des abris au plus vite qu'elle que soit la qualité, ce qui importe et la quantité pour subvenir aux besoins urgents.

L'explosion démographique dans la ville a produit l'étalement urbain, qui a provoqué à son tour de nombreux problèmes dont : la difficulté d'accès aux territoires nouvellement urbanisés, éloignés et peu denses.

Par ailleurs la ville verticale est une nouvelle procédure établie aux pays développés exemple de la ville de Chicago... Il s'agit de créer de nouveaux tissus urbains abritant des immeubles de grande hauteur, permettent de regrouper une grande densité en limitant l'exploitation du sol. Ces immeubles appelés immeubles à usage mixte permettant de satisfaire

---

<sup>1</sup> Récit de Babel.

les besoins des occupants étant donné qu'ils réunissent divers fonctions à la fois résidentielle commerciale, restauration, hôtellerie...D'autre part la difficulté qui se pose dans ces constructions est la manière de les établir avec les contraintes climatique et géologique des sites. Le cas de la région de Jijel qui est généralement traversé par des vents de direction N-N.O et S-S.E Les vents N-N.O sont souvent des vents violents qui soufflent en automne et en hiver .Elle est classé comme aussi comme zone de sismicité « Niveau 3 » zone d'aléa sismique le plus élevé<sup>2</sup>.Ce qui nécessite une des dispositions particulières selon ces conditions.

Construire plus haut nécessite de nouveaux systèmes constructifs, contrairement aux systèmes habituels qui ne seront plus fonctionnel à une certaine hauteur. Ces principes en eux-mêmes impliquent de nouvelles pratiques atypique, et qui nécessite un savoir-faire et des moyens qui leurs correspond. En outre les immeubles de grande hauteur exigent des études économiques préalables. Posant un réel problème à la région de Jijel d'où la taille des projets diffère de manière incomparable aux immeubles de grande hauteur. Ils représentent au même temps des défis additionnels en cas d'incendie ceci nécessitera des études approfondies pour pouvoir lutter contre la propagation du feu.

Les immeubles de grande hauteur à usage mixte pourraient être la solution envers le problème d'étalement urbain dans la région de Jijel, mais en contrepartie des dispositions particulières devraient être respecté.

- Les immeubles à grande Hauteur sont-ils des solutions pour l'étalement urbain ?
- Qu'est ce qui nous empêche de construire en hauteur :

1- En raison des conditions climatiques, ou l'incapacité de concevoir des constructions qui leurs résistent ?

2- Est- ce que le problème de manque des moyens et des capacités de construction ?

3 - Est-ce que c'est un problème financier ?

4- Est-ce que les IGH répondent aux mesures de sécurités ?

---

<sup>2</sup> PDAU Jijel

### **3. Hypothèses :**

Notre recherche démarre d'une idée fondamentale, c'est la manière d'élaborer un immeuble de grande hauteur, et comment pouvoir l'intégrer avec le tissu urbain existant quel que soit sa fonction ; touristique, usage mixte, d'habitation... Ces résolutions nous ont permis de formuler les hypothèses suivantes :

Construire en hauteur peut être une solution intéressante pour résoudre le problème de densité causé par l'explosion démographique et en l'occurrence la réponse la plus adéquate aux problèmes des prix des terrains qui ne cessent d'augmenter ainsi que l'exploitation des terres agricoles. Construire en hauteur peut diminuer l'emprise au sol avec la même densité d'habitant prévus

Pour pouvoir établir un immeuble de grande hauteur adapté à la ville de Jijel, il faudra prendre en considération les conditions climatiques et géologique de la région cela pourrait être la solution la plus adéquate envers les dégâts causés par ces conditions.

Une collaboration avec la protection civile pour connaître les obligations de prévention contre les incendies et les types de matériaux appropriés pour lutter contre l'incendie ceci à travers des études préalables, qui pourraient éviter ou diminuer les dégâts causés par l'incendie.

### **4. Contexte urbain :**

La question de la verticalité est récemment revenue parmi les préoccupations et débats d'experts de la ville. Les tours continuent de faire l'objet de controverses mais la volonté de les utiliser comme outil de développement urbain durable.

Pour pouvoir décortiquer cette question on a essayé de lui trouver des solutions. Pour cela nous avons étudiés deux exemples ; tout d'abord on a pris comme référence le tissu urbain parisien traditionnel ; celui-ci était un tissu dense avec des rues étroites gênant la circulation, des îlots chargés avec des bâtiments qui étaient trop hauts par rapport à la largeur des rues. Pas de soleil pas de lumière, cela dit des immeubles humides et insalubres. La ville parisienne est le résultat de trois périodes : Paris antique, Paris médiéval, Paris classique. Après c'est l'apparition d'une nouvelle période, celle du réaménagement et de la restructuration de la ville parisienne avec un nouveau tracé pour diminuer les problèmes de densification, d'hygiène et de

circulation. Ce tracé à engendrer avec lui plusieurs solutions Parmi elles la construction des immeubles de grande hauteur « ville verticale » en deux méthodes :

**Pour la première méthode elle concerne L'adaptation des tours avec le tissu urbain traditionnel :** pour cette méthode le concept utilisée est la préservation des tracés existant. Garder les constructions existants tel qu'elles sont et leurs intégrer des tours en respectent l'espacement entre eux pour des raisons d'ensoleillement d'éclairage et de sécurité.

**Pour la seconde est L'évolution des nouveaux ilots pour les immeubles de grande hauteur :** cette méthode est pour la création de nouveaux tracé réservé pour les tours ceci est selon des lois d'implantation spécifique, pour des raisons de sécurité. Le corbusieren1921 imagine des tours sur un plan cruciforme, de 250 mètres de hauteur, éloignées les unes des autres de 300 mètres formant une ville pour trois millions d'habitants il souhaite augmenter les emplois en centre-ville et ménager plus d'air, de lumière et d'espace vert.<sup>3</sup>

Nous avons-nous aussi établie une étude du tissu urbain à la ville de Jijel. L'évolution du tissu urbain de la ville de Jijel a passé par trois périodes : la période précoloniale, période coloniale et puis postcoloniale, la période coloniale Jijel est devenue ville coloniale française de la Petite Kabylie. Durant la colonisation il y'a eu la création d'un nouveau tracé urbain triangulaire en 1861.La création de la citadelle du triangle historique de la ville. Après la période coloniale le centre a connu une saturation qui est la raison de la concentration, qui a provoqué le blocage de l'extension de celui-ci tout autour de la ville ancienne.

Prenons l'exemple de la sortie Est de la ville de Jijel nouvellement urbanisée la création de nouveaux équipements pour pouvoir soulager la densité ressentie au centre de la ville en quelque sorte c'est vouloir créer un nouveau centre urbain. Mais le problème qui se pose et que ce nouveau centre est peu dense et loin de l'ancien centre-ville. Selon la lecture du plan du terrain on a pu constater qu'il y a une différence dans la répartition du vide et du plein, ce qui a provoqué une perte de terrain .Cela dit les immeubles de grande hauteur auraient pu peut être, être la solution la plus adéquate

---

<sup>3</sup> Pélegrin-Genel.E, Novembre 2007, 25 Tours de Bureaux, Groupe Moniteur : Département d'Architecture France, Page 32. <http://boutique.lemoniteur.fr/25-tours-de-bureaux.html> .consulté le : 22/12/2014.

- Après ces différentes études et résolutions on a pu constater que l'immeuble le plus adapté à la ville de Jijel est celui à plusieurs usages. Ce dernier vas nous permettre de crée une ville verticale est répondre au problème de l'étalement urbain.

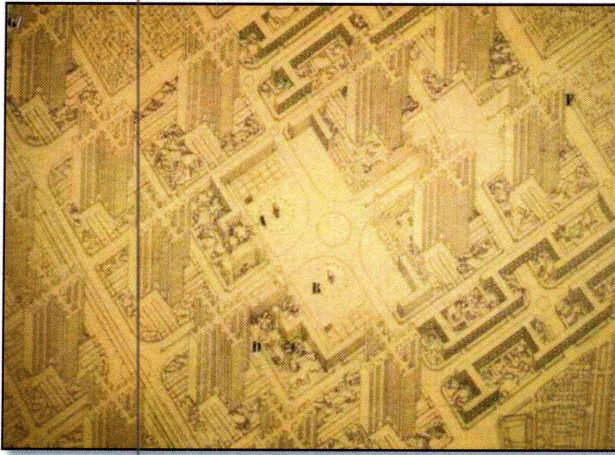


Photo 01 : Plan voisin Le Corbusier, 1925.



Photo 02 : Avenue des maison-tour, August Perret, 1922.

## 5. Questionnaire :

D'après notre questionnaire on a pu constater que la majorité ces fonctions libérales ont besoins de grand espace, et un emplacement sur la rue situé en bas de la tour pour avoir une rentabilité excellente. Pour les habitats on a pu conclure qu'ils ont besoins des logements mieux confortable de point de vues surfaces et un emplacement au milieu de la tour pour éviter le bruit et ils ont également besoins de se rapprocher vers les fonctions nécessaires de vie. Pour le coté commerciale la plus part des commerçants qu'on a questionnées besoins de travailler sur un espace plus grand ouvert situé en bas sur la rue pour attirer les clients.

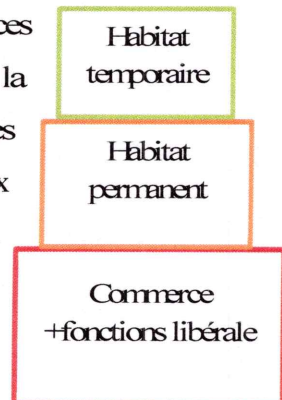


Figure 01 :  
Source : auteur

## 6. Méthodologie de travail :

Pour notre recherche qui est purement théorique nous nous sommes basées sur l'analyse documentaire. On a utilisées pour seule est unique technique **La Documentation** : on s'est basées sur des documentations tel que ; les livres sur le sujet (immeuble de grande hauteur, IGH et courants architecturaux, les grattes ciel..); recherche universitaires (mémoires de fin d'étude, thèses de doctorat, thèses de magistère..), des revus...des statistiques, des rapports, et l'internet. En plus des études faites sur la région d'étude, PDAU et POS..





---

# Chapitre 01

## **I. Chapitre 01 : Définition et concept :**

### **➤ Introduction :**

Dans ce chapitre notre objective est d'expliquer les différents notions introductif et historique ainsi qu'un aperçu sur le thème choisie pour mieux comprendre le chemin de notre recherche qu'on va par la suite utiliser dans notre étude.

### **I.1-1-Définition du thème choisi :**

La construction d'immeubles de grande hauteur (IGH) reste, malgré les débats qu'elle génère, un projet urbain d'actualité dans de nombreuses villes confrontées aux problématiques de la densification. Fort des expériences passées, un certain nombre de projets se tourne aujourd'hui vers le concept de tours multifonctionnelles mieux ancrées territorialement et mêlant bureaux, habitations et services publics (en témoignent les récents concours architecturaux à la Défense, Paris).

*« Dans divers buildings actuellement en construction, on accueille déjà des demandes pour bureaux, magasins, théâtres et autres formes de distraction, services médicaux, restaurants, instituts de culture physique et clubs divers ; de sorte que chacun des occupants, sans qu'il ait à sortir de l'immeuble, puisse satisfaire chacun de ses besoins ou de ses désirs (...) »<sup>1</sup>. Il évoque alors la notion de gratte-ciel à destinations multiples. Donc il n'existe pas une définition précise de la tour multifonctionnelle ou tour mixte mais plusieurs. Nous prenons le parti de considérer comme tour mixte toute tour superposant au moins deux fonctions urbaines principales (bureaux, logements, commerces, hôtels ou services) à la verticale.*

### **I.1-2-Définition des IGH:**

Selon les disposition de l'article R122-2 de Code de la construction et de l'habitation français, Constitue un immeuble de grande hauteur, tout corps de bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est situé, par rapport au niveau du sol le plus haut utilisable pour les

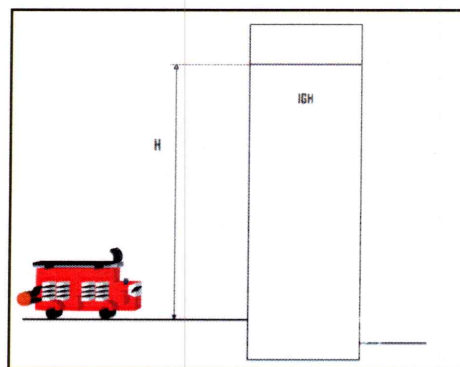


Figure 02 : schéma d'un immeuble de grand étage.  
Source : Réglementation ERP et IGH - Réalisé par Alexandre MOREAU

<sup>1</sup> Jean Royer - une tour logique.

engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie.

Un immeuble de grande hauteur (couramment abrégé IGH) est une construction relevant, du fait de sa hauteur, de procédures spécifiques dans le domaine de la prévention et de la lutte contre l'incendie c'est ce qu'on appelle couramment une tour ou un gratte-ciel.<sup>2</sup>

Les gratte-ciel sont traditionnellement construits sous forme d'une tour monolithique organisée autour d'un noyau central comprenant notamment les voies de circulation verticale (escaliers, ascenseurs) et les conduites (eau, réseaux électriques et de communication...)<sup>3</sup>

Tour bâtiment élevé, rond ou à plusieurs faces, immeuble plus haut que large.<sup>4</sup>

En anglais, on différencie les gratte-ciel : skyscrapers, les immeubles de plus de 150m de haut, selon l'époque, des tours moins hautes, c'est à dire entre 100 et 150 m avec le mot High-Rise, que l'on peut traduire en immeuble de grande hauteur.

### **I.1-3-Aperçu historique des Immeuble de Grande Hauteur : « d'hier à aujourd'hui » :**

#### **I.1-3-1- Hier :**

Il faut dire que l'homme a toujours voulu construire haut ... et il l'a fait ! Pas il y a 100 ans ... mais il y a plus de 3500 ans... Bien entendu, à ce moment-là, il ne construisait pas pour l'argent, mais pour pouvoir se rapprocher de Dieu.

**Babel** : certains diront que c'est un mythe : dans la religion c'était une tour que les hommes, descendant de Noé parlant la seule et unique langue de la terre, souhaitaient construire 1800 av. J.-C. A cette époque la ville de Babylone était l'une des plus importantes du monde. Des archéologues y ont découvert les restes d'un bâtiment d'une hauteur estimée à 90 mètres d'après certains dessins.



Photo 03 : La tour de Babel  
Source ; En ligne [http://fr.wikipedia.org/wiki/Tour\\_de\\_Babel](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tour_de_Babel)

---

<sup>2</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Immeuble\\_de\\_grande\\_hauteur](http://fr.wikipedia.org/wiki/Immeuble_de_grande_hauteur)

<sup>3</sup> Alban WOROU. ECOLE DU BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

<http://www.studentsoftheworld.info/sites/sciences/geniecivil.php>, consulté le 06/03/2015

<sup>4</sup> CCM Benchmark Group. Dictionnaire français. <http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/tour/>, consulté le 06/03/2015

La légende de la Tour de Babel est à la base un récit biblique. Après la création du monde, tous les hommes se servaient de la même langue. Installés dans la vallée de Shinéar (qu'on situerait aujourd'hui en Irak), ils réussirent en cuisant la terre à façonner les premières briques, et décidèrent de tous s'installer au même endroit.

**En Égypte** : Durant l'Antiquité, les pyramides d'Égypte ont été construites pour servir de tombeaux. Elles accueillent les corps momifiés des pharaons, de leurs épouses et des personnages clés de l'État. Leur forme caractéristique symbolisait un rayon de soleil.

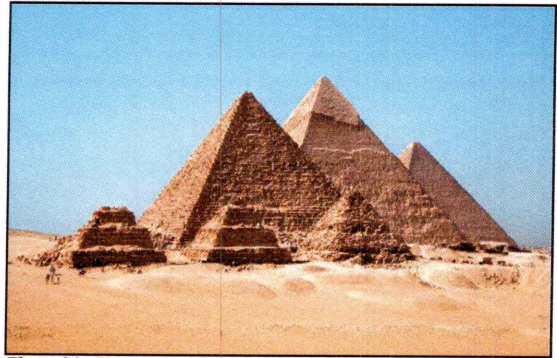


Photo 04 : Pyramide d'Égypte

Source : En ligne

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Sept\\_merveilles\\_du\\_monde](http://fr.wikipedia.org/wiki/Sept_merveilles_du_monde)

Égypte, 2650 av. J.-C., Le plateau de Gizeh, situé au nord de la ville moderne du Caire. Il reçoit les trois pyramides les plus accomplies de l'Égypte ancienne, au cours du -XXVI<sup>e</sup> siècle. Que le pharaon Kheops faisait construire : Trois monuments qui s'élèvent vers les Dieux. Ces pyramides sont solides, elles ont traversé le temps, mais elles détiennent aussi un record : celui de la hauteur ! La grande pyramide de Gizeh que ces hommes ont construite avec des moyens dérisoires était haute de plus de 146 mètres (137 aujourd'hui) Les côtés de sa base mesurent 233 m et sa surface occupe environ 53 000 m<sup>2</sup>. Tandis que son volume est d'environ 2 600 000 m<sup>3</sup>. Si elle est la seule des sept merveilles du monde de l'Antiquité à avoir survécu jusqu'à nos jours, elle est également la plus ancienne. Durant des millénaires, elle fut la construction humaine de tous les records : la plus haute, la plus volumineuse et la plus massive. Ce monument phare de l'Égypte antique est depuis plus de 4 500 ans scruté et étudié sans relâche.<sup>5</sup>

**Yémen** : 18<sup>ème</sup> et 19<sup>ème</sup> siècle : en le désignant comme «le pays des palais», car on ne peut évoquer l'architecture du Yémen sans parler du palais de Ghmdan qui était considéré comme le plus vieux gratte-ciel de l'antiquité, puisqu'il a été construit au début du premier siècle de l'ère chrétienne et a été détruit à l'époque de Osman Bnou Affene. Ce palais était constitué de 20 étages et bâti en marbre et en granite.



Photo 05 : Demeures Bourjois Yémen

Source : en ligne [http://www.summit-tours.net/index.php?lang=FR&cmscode=225&travelguide\\_id=735](http://www.summit-tours.net/index.php?lang=FR&cmscode=225&travelguide_id=735)

<sup>5</sup> Chris Kutschera. YEMEN: Shibam, cent millions de dollars pour la Manhattan du désert <http://www.chris-kutschera.com/Shibam.htm>, consulté le : 14/01/2015.

**Demeuras bourgeoise :** avec leurs riche ornement en stuc typique de la vieille ville de Sanaa ces maison de 5 à 9étage habitait par toute une famille tradition RDC fortifier peut être défendu facilement Pierce d'habitation étagée le dernier étage habitait par le MAFRAJ le chef de la famille.

600 gratte-ciel forment le cœur de la ville le jardin qui les sépare server autre fois pour cultiver des légumes.

**Palais de Sanaa :** Palais du rocher près de SANAA Les buildings de shibham, les premiers du genre, se dressent sur une légère éminence au creux du wadi hadramawt. Malgré le gypse blanc qui les recouvre, les grattes ciels craignent les fortes pluies mais aussi les crues de la rivière saisonnière.

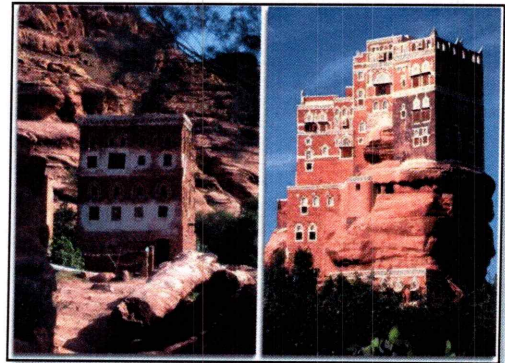


Photo 06 : Palais de Sanaa, Yémen

Source en ligne : <http://www.chroniques-de-voyages.com/article->

**Hadramaout, Shibam :** avec ses quelques 500 maisons serrées les unes contre les autres, Shibam constitue un ensemble architectural unique au monde. Construites en terre, sur des fondations de pierre, ces maisons hautes de six étages donnent l'impression d'être de véritables gratte-ciel.<sup>6</sup>



Photo 07 : 500 maisons de Hadramaout, Shibam

Source en ligne :

<http://photos.linternaute.com/photo/967682/4821283222/14>

**Chicago :** Depuis tout temps, les hommes veulent construire des monuments toujours plus hauts. Les grattes ciel sont apparues pour la 1<sup>ère</sup> fois dans les régions de New York et de Chicago vers la fin du 19<sup>ème</sup> siècle.

---

<sup>6</sup> Chris Kutschera. YEMEN: Shibam, cent millions de dollars pour la Manhattan du désert .<http://www.chris-kutschera.com/Shibam.htm>, consulté le : 14/01/2015.

Le grand incendie de Chicago, qui détruisit une grande partie du centre-ville, a permis l'essor de cette nouvelle approche architecturale permettant de faire face au prix élevé du terrain.

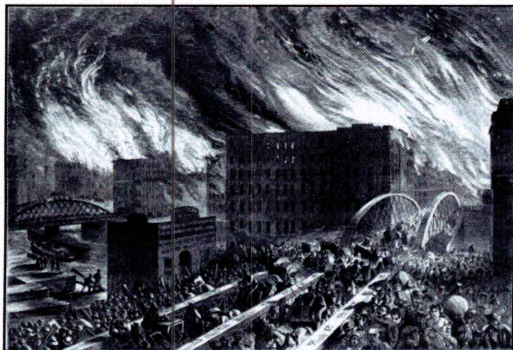


Photo 08 : Le grand incendie de Chicago



Photo 09 : Destruction du centre-ville de Chicago

Source photo08 et 09 en ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Grand\\_incendie\\_de\\_Chicago](http://fr.wikipedia.org/wiki/Grand_incendie_de_Chicago)

C'est donc en quelque sorte grâce à l'incendie de Chicago que cette ville est devenue la première à construire haut. Mais elle a très vite été suivie par... New York, qui construit *le premier building* habitable plus haut que les pyramides. Il s'agit du Singer building qui fait 187 mètres. Il sera malheureusement détruit en 1931.

**Le Home Insurance Building** construit en 1883 par William le Baron Jenney, un ouvrage de dix étages, réalisé pour un maître d'ouvrage qui voulait un immeuble de bureaux, à épreuve du feu. Il est démoli en 1931 pour être remplacé par le **Field Building**.

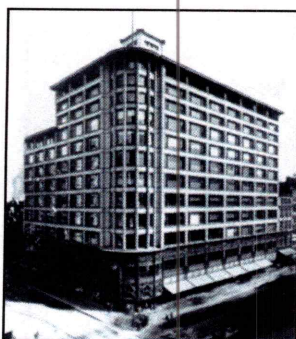


Photo 10 : Singer building



Photo 11 : Home Insurance Building



Photo 12 : New York world building



Photo 13 : Le Manhattan life Insurance Building

Source photo10, 11,12 et 13 en ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_plus\\_hauts\\_immeubles\\_de\\_New\\_York](http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_plus_hauts_immeubles_de_New_York)

En 1950 et les années 2000 plus de 1100 gratte-ciel ont été construits. Les plus connus sont les tours jumelles de World Trade Center en 1972 et 1973, elles furent détruites lors des attentats de 11 septembre 2001 à New York.

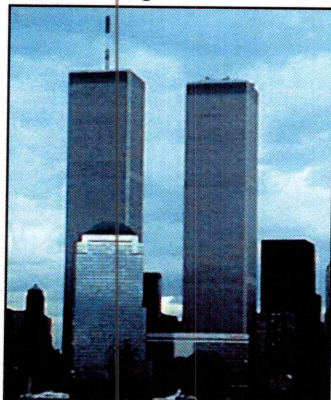


Photo 14 : les tours jumelles de World Trade

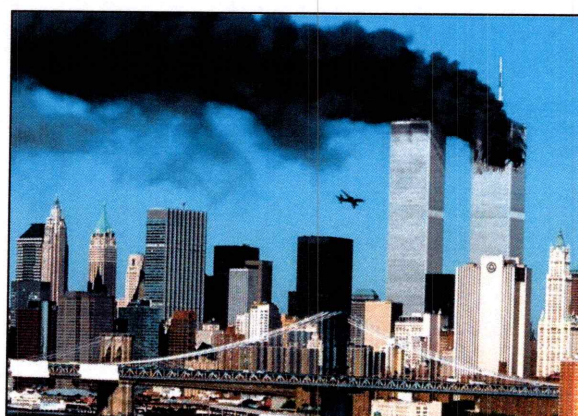


Photo 15 : destruction des tours jumelles de World Trade Center

Source photo14 et 15 en ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Tours\\_jumelles](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tours_jumelles)

## Quels IGH adaptés à la ville de JIJEL ?

En 1974, Chicago repostas à ces constructions avec la Sears Tower, Il est à ce jour le deuxième plus haut immeuble du continent américain et de l'Hémisphère ouest avec ces 442 mètres de hauteurs. Elle tenu son record jusqu'en 1998 ou Les Petronas Twin Towers du ciel asiatique furent achevés.<sup>7</sup>

### • I.1-3-2- Aujourd'hui :

La construction en hauteur est devenue un véritable défi, qui construira le plus haut ? Tel est la question... construire en haut est devenu un certain prestige, une concurrence rude, il faut dire que les immeubles à grande hauteur regroupent les dernières technique et concepts d'architecture ou le détail esthétique et devenus important une empreinte non négligeable. Les pays émergent (Qatar, Emirats arabes unie, Malaisie...) ont procéder à la construction des gratte-ciel avec succès !

**I.1-4-Classement des IGH :** les immeubles de grande hauteur sont classés selon leurs fonctions comme déterminer dans le tableau ci-dessous : <sup>8</sup>

GHA	immeubles à usage d'habitation.
GHO	immeubles à usage d'hôtel.
GHR	immeubles à usage d'enseignement.
GHS	immeubles à usage de dépôt d'archives.
GHU	immeubles à usage sanitaire.
GHW	IGH à usage de bureaux (H>28) : <ul style="list-style-type: none"><li>• Type W1 ou 28 &lt; H ≤ 50m (type assez répandu)</li><li>• Type W ou H &gt; 50m (le plus répandu)</li></ul>
GHZ	IGH groupant une ou plusieurs activités précitées ou pouvant contenir un ERP.
ITGH:	immeuble de très grande hauteur, hauteur de + de 200m.

Tableau 01

### ➤ Conclusion :

Après les différentes études et recherche on peut conclure qu'il y'a une différence entre les différentes notions utilisé (tour, IGH, gratte-ciel) et on put comprendre l'ordre chronologique des immeubles de grande hauteur .Et on a constatées aussi que la différence entre les IGH est déterminer selon leurs fonctions.

<sup>7</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Willis\\_Tower](http://fr.wikipedia.org/wiki/Willis_Tower)

<sup>8</sup> Alexandre MOREAU. Réglementation ERP et IGH securite incendie-idf.com Consulté le 30/05/2015

# Chapitre 02



## **II. Chapitre 02 : Aspect technique des IGH :**

### **➤ Introduction.**

Notre but dans ce chapitre est d'éclaircir les différents concepts techniques, les aspects constructifs et les matériaux les plus adaptés pour les immeubles de grande hauteur. Pour pouvoir les prendre en considération dans la réalisation de notre projet.

### **II.1-Implantation des Immeubles de Grande Hauteur :**

- La construction d'un IGH n'est permise qu'à des emplacements situés à 3 km au plus d'un centre principal des services publics de secours et de lutte contre l'incendie.
- La voie d'accès pompier doit être à moins de 30m de l'IGH **ouverte à la circulation** à ses deux extrémités et permettant la circulation et le stationnement de ces engins.
- Un volume de Protection de 8m doit être respecté autour de l'IGH.
- Le Poste Central de Sécurité doit se trouver au niveau accès pompiers.

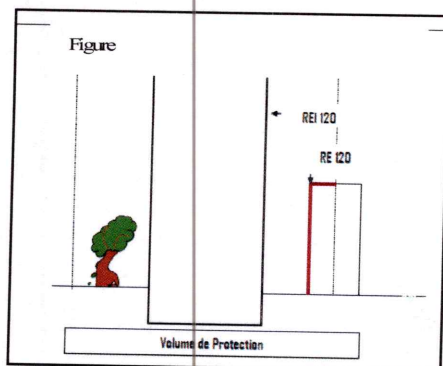


Figure 03 : volume de protection

Source : La prévention Che MEBAREK AISSA BENALI ENPC 2005, Page 34

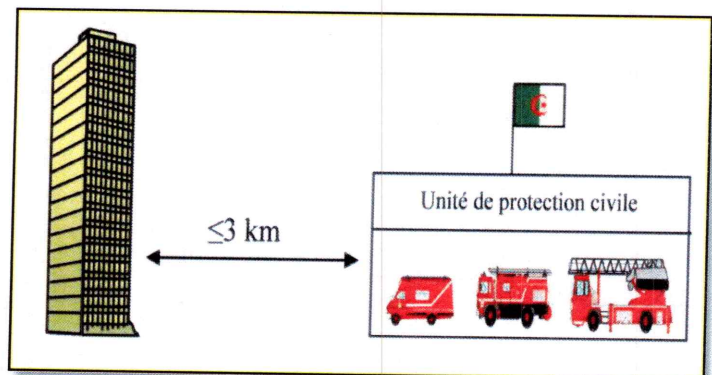


Figure 04 : espacement de la protection civil

Source : Réglementation ERP et IGH, Page 08

### **II. 2-Type de fondation :**

Un gratte-ciel pèse plusieurs centaines de milliers de tonnes réparties sur une petite surface au sol. Les fondations du bâtiment doivent pouvoir le soutenir, et lui permettre de résister au vent et aux tremblements de terre. Ainsi la nature du terrain joue un rôle essentiel, le building doit avoir un point d'ancrage solide. En fonction de la nature du terrain, il peut être nécessaire de chercher en profondeur des couches solides aptes à soutenir le bâtiment, les fondations pouvant alors atteindre les 100m de profondeur.

On peut distinguer trois types de fondations :

On note « E » la hauteur d'encastrement et « L » la largeur.

- Les fondations superficielle  $E < 1,5.L$
- Les fondations semi profondes  $1,5.L < E < 5.L$
- Les fondations profondes  $E > 5.L$

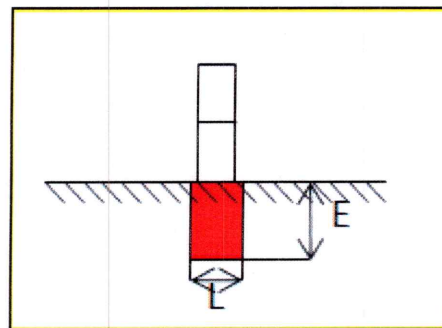


Figure 05 : Fondation

Source en ligne : [http://www.planete-tp.com/article.php3?id\\_article=924](http://www.planete-tp.com/article.php3?id_article=924)

**II-2-1-Choix du type de fondations :**

La capacité portante permet de choisir le type de fondations à employer :

1. Si le sol est **suffisamment portant** : on utilisera des **fondations superficielles** souvent plus économiques.
2. Si le sol est **mauvais** : on ira s'appuyer sur les couches meilleures et plus profondes avec des **fondations profondes**.
3. En terrain **très inondable** : il pourra être avantageux de construire un **radier général**.

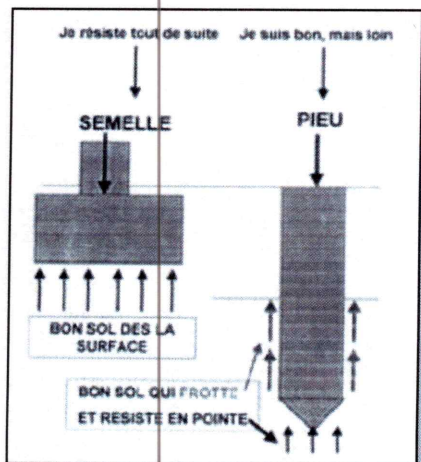


Figure 06 : Fondation pieux

Source photo 06 et 07 en ligne : [http://www.planete-tp.com/article.php3?id\\_article=924](http://www.planete-tp.com/article.php3?id_article=924)

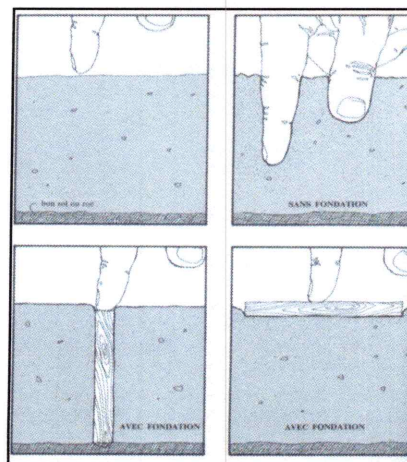


Figure 07 : Test sur fondation

**Le bon sol est loin**



**Fondation verticale**

**Le bon sol est proche**



**Fondation horizontale**

Les Immeubles a Grande Hauteur = construire en hauteur nécessite partir en profondeur plus la hauteur est importante plus la profondeur des fondations augmente.

- Pour les grattes ciel les fondations profondes sont les plus utilisées :

**II-2-2-Fondations spéciales : « pieux » :**

Le pieu est la réponse technique à l'éloignement en profondeur du sol porteur car au-delà d'une certaine profondeur, les moyens mécaniques classiques ne marchent pas efficacement.

### II-2-3-Les différents types de pieux :

- **Les pieux battus** : sont des pieux façonnés à l'avance. En bois ou acier mis en place par battage.
- **Les pieux forés** : faire le trou dans lequel on viendra couler le béton qui pourra être armé ou Non armé.
- **Les pieux visés** : Généralement en acier, vissés dans le sol.
- **Les micros pieux** : 1 – Perforation    2 - Mise en place de l'armature.  
3 -Remplissage au coulis    4 - Scellement de l'ancrage    5 - Liaison avec la superstructure.

### II-2-4-Exemple : les fondations de la tour Burdj Dubaï :

Le terrain à Dubaï, ce compose de 3 ou 4 mètres de sable, puis des roches qui ne sont pas favorables au maintien de fondations. Pour la Tour de Burdj Dubaï. Les ingénieurs ont trouvés pour solution de mètrent 39 000 tonnes de poutres en acier, pour un total de 192 piles enfoncées sur plus de 50 mètres (chaque pile mesure 43 mètres de long par 1,5 mètre de diamètre), qui se maintiennent grâce aux frottements.

Une fois les pieux enfoncés, on coule une base de béton appelée radié : s'est-elle qui portera l'ensemble de la charge du gratte-ciel. Ces charges font 150 000 tonnes pour la Burdj La masse de la tour est si importante que la base s'est enfoncée de 7,5 centimètres durant les travaux. Le radier de la tour supporte le poids de la structure et se déforme : il s'affaisse en son centre et prend la forme d'une cuvette. Pour éviter ou limiter l'affaissement, les ingénieurs ne font pas un radier « plat » : la position de son centre est légèrement inférieure à la position des extrémités du radier. <sup>1</sup>

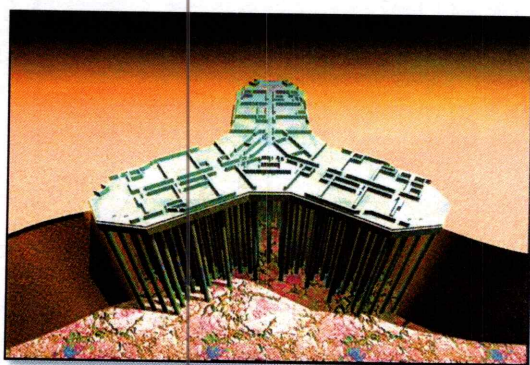


Figure 08 : Les pieux et le radier de la Burdj Khalifa de Dubaï  
Source en ligne : [http://www.planete-tp.com/article.php?id\\_article=924](http://www.planete-tp.com/article.php?id_article=924)



Photo 16 : Fondations de la tour Burdj Dubaï  
Source en ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Projets\\_de\\_gratte-ciel](http://fr.wikipedia.org/wiki/Projets_de_gratte-ciel)

<sup>1</sup> DE ROCHE Arnaud - GAMBINO Rémi - BAUDE Teva - 1<sup>o</sup>Sc1 Lycée La Nativité des avancé technologique au service de l'architecture de grande hauteur. <http://tpegratteciel.jimdo.com/fondations/> .Consulté le : 05/06/2015

## **II.3-La Structure :**

La structure des gratte-ciel diffère sensiblement de celle des bâtiments standards. Les bâtiments d'environ 4 étages ne sont soutenus que par leurs murs là où les gratte-ciel doivent adopter une armature squelettique. Les bâtiments de plus de 40 étages doivent en plus adopter une configuration leur permettant de résister au vent, qui peut exercer une force considérable. Leur structure pouvant être très différents de l'un à l'autre.

- On peut distinguer trois types de structures des immeubles de grande hauteur :

### **II. 3-1-L'ossature en acier :**

Le métal commence à être utilisé dans l'architecture et le génie civil à la fin du XVIIIe 18 siècle et son essor, parallèle à celui de la révolution industrielle qui conditionne la production et le marché du fer et de la fonte.

À la fin du 19ème siècle .L'ossature en acier est utilisée jusqu'aux années 50, exemple du Le Home Insurance Building, construit en 1884.

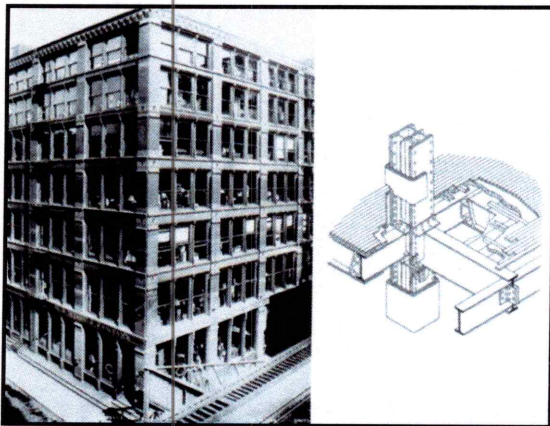


Figure 9 : Détail de structure du Le Home Insurance Building



Photo 17 : Le Home Insurance Building

Source en ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Second\\_Leiter\\_Building](http://fr.wikipedia.org/wiki/Second_Leiter_Building)

La plus importante caractéristique du Home Insurance Building est que ce gratte-ciel fut le premier à comporter une structure de métal pour le soutenir. Le gratte-ciel était principalement composé d'acier et de briques. L'emploi de l'ossature métallique permettra aussi une organisation de l'espace intérieur plus flexible grâce au plan libre qui découle de la substitution des murs porteurs intermédiaires par la trame structurelle poteaux poutres.

### **II. 3-2- le béton armé :**

Faisant alors son apparition dans le XIXe 19 siècle notamment grâce au ciment de Portland et à Louis Vicat en France et permettant la conception de structures avec un noyau central. Ce choix de système peut être appliqué comme Système de contreventement, pour des poutres-colonnes ou des plancher-dalles.

- **Exemple La Tour CMA CGM:**

À Marseille en France dont, la spécificité est sa structure poteaux-poutres en retrait de la façade. Dans le projet initial, les planchers étaient liés aux poteaux au moyen de corbeaux. Trop complexe, le système a été repoussé par les entreprises qui lui ont préféré un système de dalle de rive continue permettant une construction à la fois plus rapide et plus économique. Les dalles de plancher viennent s'arrimer, à une extrémité sur le noyau central, et à l'autre, sur cette dalle de rive de 40 à 50 cm d'épaisseur. La façade est fixée à l'extérieur des poteaux sur la dalle de rive.

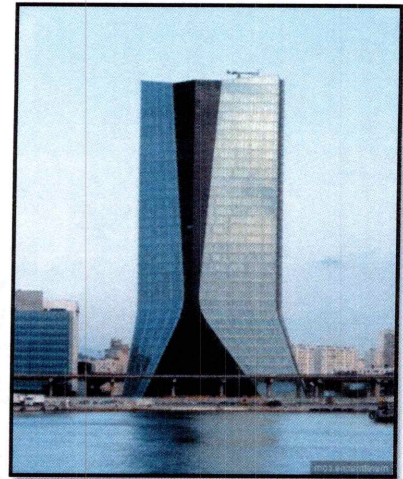


Photo 18 : La Tour CMA CGM

Source en ligne : <https://www.cma-cgm.fr/le-groupe/qui-sommes-nous/la-tour-CMA-CGM>

Le problème qui se pose est que la structure traditionnelle en béton armée ne suffit plus pour faire tenir un immeuble : les ingénieurs ont donc dû trouver d'autres solutions. Ce qui a produit le recours à une nouvelle structure en béton c'est la structure à noyau centrale à béton :

## **II. 3-3-Noyau de béton : structure en béton**

- ✓ **Définition :**

Est l'élément assurant la rigidité de l'édifice. Le noyau central de béton armé au cœur du bâtiment il parcourt le bâtiment sur toute sa hauteur. Souvent situé dans la partie centrale de la construction, ce noyau travaille comme une poutre console encastrée dans les fondations. Les gratte-ciel à noyau central peuvent atteindre une hauteur d'une cinquantaine d'étages tout en réduisant l'emprise au sol, Les efforts exercés par le vent sont retransmis au noyau par l'intermédiaire d'éléments horizontaux positionnés dans le plancher des étages.

- ✓ **composants :**

A l'intérieur de cette ossature sont logés : les dizaines d'ascenseurs. Et d'escaliers de secours, d'arrivées d'eau qui desservent l'édifice.

- ✓ **Éléments structurants (concept) :**

Le noyau se compose de dizaines de poutrelles d'acier qui renforcent la structure. Chaque niveau quatre larges poutres partent de chaque angle du noyau : elles sont destinées à porter le plancher de l'étage. Ces quatre poutres, formées dans la plupart des cas d'une cour

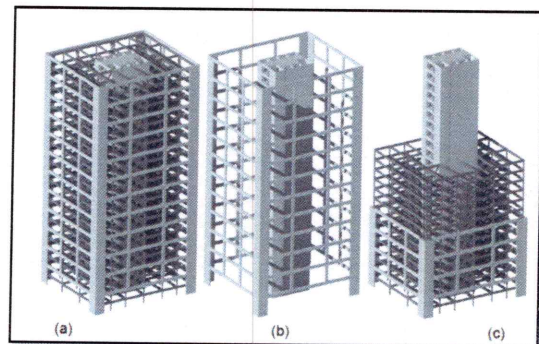


Figure 10 : Exemple structure en noyau en béton  
Source en ligne : [http://www.explorations-architecturales.com/data/new/fichePrint\\_95.htm](http://www.explorations-architecturales.com/data/new/fichePrint_95.htm)

métallique entourée d'une épaisse membrane de béton, sont d'épaisseur décroissante à partir de leur fixation au noyau jusqu'à leur extrémité en bordure de la façade ; leur épaisseur est cachée dans les faux plafonds qui sont très épais pour cette raison. Afin que l'ensemble soit parfaitement rigide, les extrémités de ces poutres sont-elles même reliées, ou suspendues, à une poutre supérieure longeant la façade. C'est d'ailleurs sur ces poutres de jonction qu'est fixée la paroi isolant le milieu intérieur du milieu extérieur : autrement dit la façade en elle-même. - Enfin par-dessus cet assemblage des quatre poutres majeures reliées à leurs extrémités par quatre autres poutres de jonction, est posé le plancher de l'étage composé d'un assemblage de poutrelles (reliant les poutres principales) noyé dans une dalle de béton d'une bonne trentaine de centimètres. En général le noyau occupe moins de 20 % de la superficie de chaque étage.

✓ **Capacité :**

Le noyau central est théoriquement capable de soutenir l'intégralité de la charge de l'immeuble. Il supporte l'ensemble de forces physiques, qu'elles soient verticales, autrement dit le poids de chaque étage transmis au noyau par les quatre fameuses poutres.

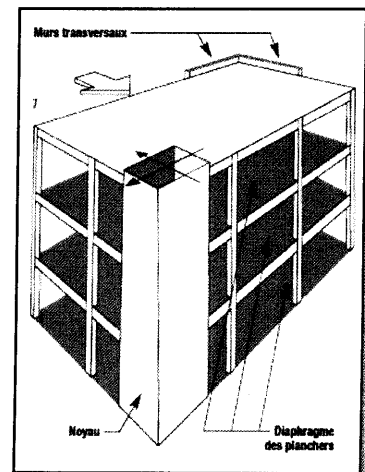


Figure 11 : Détail structure en noyau de béton

Source : les immeubles de grande hauteur solutions béton .Philip François page : 08

• **Exemple Les Tours de Marina city :**

C'est le premier gratte-ciel libéré du formalisme de l'angle droit et de la poutre et pilier. Goldberg abandonna l'acier au profit du béton, seul matériau qui lui permettait de recréer la forme d'une coquille qu'il visait. Il s'arrêta à une forme cylindrique qui déviait plus efficacement les vents.

Le centre des tours de Marina est occupé par un noyau cylindrique en béton armé qui abrite les circulations verticales. Cette structure creuse permet d'assurer la stabilité de l'édifice en exploitant la capacité du matériau. Des arcs aplatis et nervurés relient les poteaux placés sur le pourtour du noyau central aux piliers. Les tours de Marina city sont donc une combinaison de colonnes et d'une armature de poteaux dans la quelles a été soigneusement exclu le recours à l'angle droit .Dans ce type de structure seuls les balcons semi circulaire situés en périphérie peuvent être dit porte-à-faux les parties de l'édifice sont supportés par l'ossature des poteaux verticaux et des arcs. Marina City était le plus haut édifice du monde en béton armé. Avec ses 730 logements par hectare de terrain, c'était l'une des opérations les plus denses du monde occidental.



Photo 19 : Les Tours de Marina city

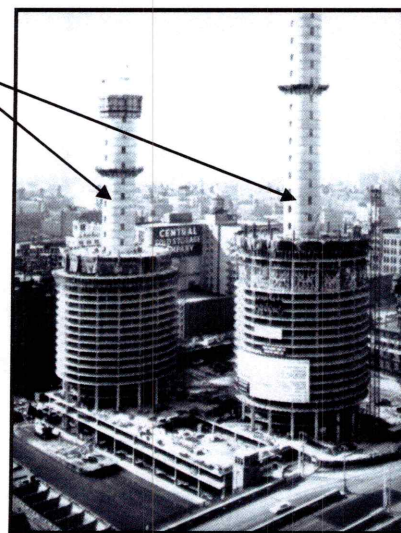


Photo 20 : Construction des Tours de Marina city

Source Photo 19 et 20 En ligne : <http://blog.desmonts.net/2012/02/auto-architecture-marina-city-chicago/>

Les architectes voulues des constructions encore plus en hauteur pour celas de nouvelles alternatives sont mises en point pour répondre à ces exigences. Le recours à **une structure mixte** en béton et acier est la solution la plus adéquate.<sup>2</sup>

### II. 3-4 Noyau central -ossature métallique :

L'ossature extérieure entoure la totalité de l'édifice et est reliée aux éléments horizontaux des planchers par des amortisseurs viscoélastiques, permettant d'absorber les effets du vent. Cette structure extérieure est préfabriquée puis solidarisée avec des boulons à haute résistance.

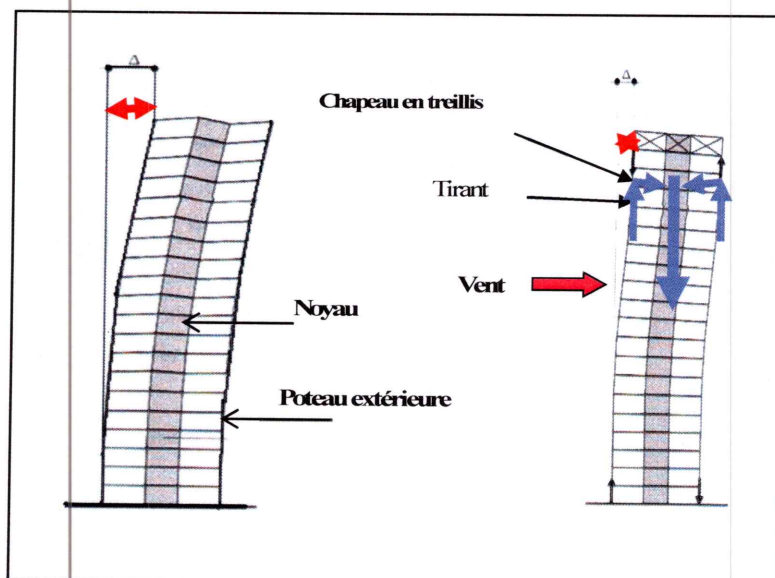


Figure 12 : les effets extérieurs sur la structure en noyaux de béton.  
Source : auteur

<sup>2</sup> VINCENT DESMONTS. Auto architecture maria city. <http://blog.desmonts.net/2012/02/auto-architecture-marina-city-chicago/>. Consulté le : 09/03/2015.

**Exemple de : Le World Trade Center de la ville de New York :**

La structure porteuse était en acier, que ce soit les poutres ou les poteaux. Ces derniers étaient répartis en un réseau périphérique situé sur les quatre façades et un réseau interne constituant le noyau central du bâtiment. Les poutres soutenant les planchers étaient des poutres treillis reliées d'un côté à une façade, de l'autre au cœur de la tour. Des poutres étaient aussi mises en place transversalement pour stabiliser et rigidifier l'ensemble.

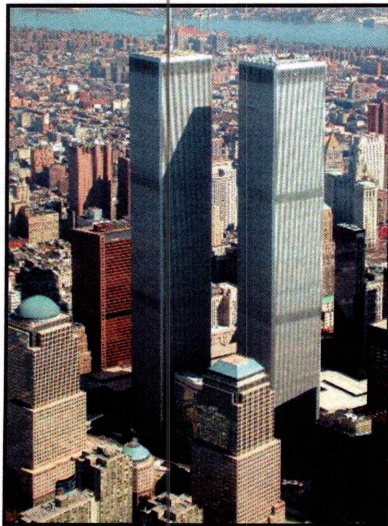


Photo 21 : Le World Trade Center  
Source En ligne : <http://www.businesspme.com/photos/97703/structure-interieur.html>

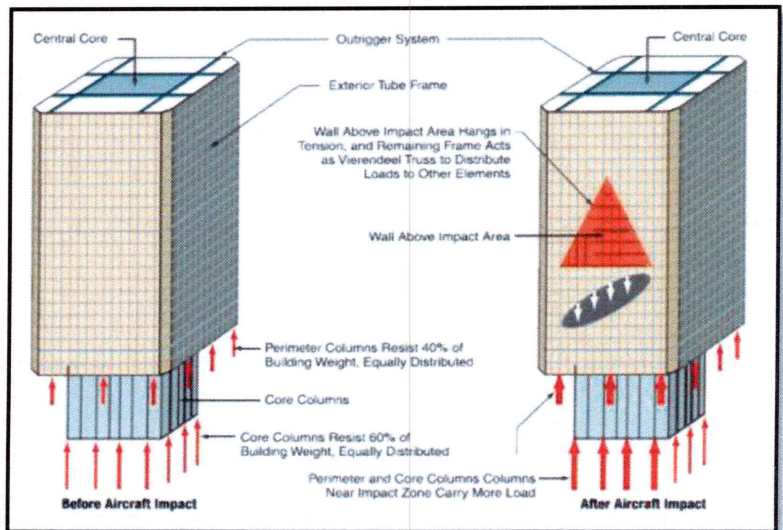


Figure 13 : Détail du World Trade Center  
Source En ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/World\\_Trade\\_Center](http://fr.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center)

**II. 3-5-La structure en tube :**

✓ **Définition :**

Ce système de raidissement horizontal est sans conteste celui qui permet d'atteindre les hauteurs les plus impressionnantes. Entièrement en béton armé, il peut supporter et raidir des constructions jusqu'à environ 140 étages.

✓ **Rôle de la structure en tube :**

Le rôle structurel dévolu au noyau est en partie reporté sur l'ossature extérieure de l'édifice : celle-ci n'a plus seulement. Dans la structure en tube un rôle d'isolant du milieu intérieur mais aussi celui de rigidifier. Ce type de structure est appelé « tube » car le bâtiment se comporte comme un gigantesque tube creux. Rigidifiée, la façade peut donc supporter l'ensemble des forces verticales, c'est à dire la pression du vent, puis, elle transmet ces charges aux fondations.

✓ **Concept :**

Ce système avec une répartition des forces sur le périmètre extérieur fut mis au point au milieu des années soixante par les ingénieurs M. Goldsmith et F. Khan de l'agence. Cette



avancée est clairement la plus spectaculaire dans l'histoire des gratte-ciel car elle permet de considérablement augmenter leur hauteur.

Libéré de forces horizontales, il n'y a plus qu'à supporter les forces verticales : le poids de l'immeuble. Pour cela, ce sont simplement des piliers métalliques qui soutiennent chacun une partie du poids de l'étage du dessus ; ce qui permet d'avoir une organisation beaucoup plus libre qu'avec un noyau central car la localisation des piliers s'adaptera au plan que l'on veut donner. Néanmoins pour des raisons pratiques, il existe toujours un noyau central qui sert à loger les ascenseurs, cages d'escaliers mais sans rôle physique. Puis, il n'y a plus qu'à relier les piliers par des poutrelles métalliques et y disposer le plancher : une étroite dalle de béton.<sup>3</sup>

- **Exemple de : La Sears Tower de Chicago :**

La Tour Sears soutient sa structure en tubes soudés carrés étages d'acier sont suspendus des tubes, une innovation technologique de l'ingénieur architectural Fazlur Kahn. Cet ingénieur a découvert qu'un bâtiment d'une série de tubes serait plus léger et plus fort qu'un bâtiment avec ossature en acier traditionnel. Il y a neuf tubes au départ de la base et arrivent intact jusqu'au 50ème étage De là, le nombre de tubes diminue jusqu'à devenir seulement deux tubes en acier à partir du plancher 90e vers le haut.<sup>4</sup>

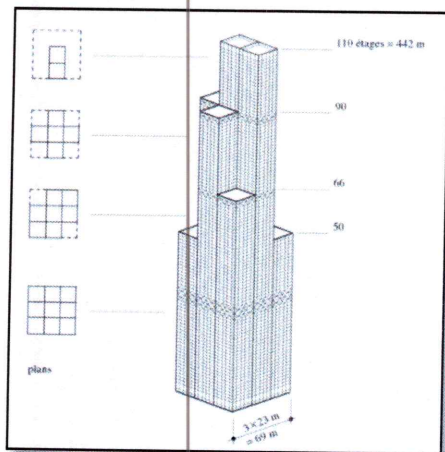


Figure 14 : Conception de La Sears Tower de

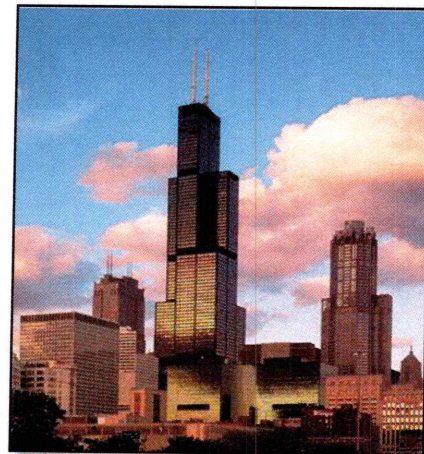


Photo 22 : La Sears Tower de Chicago

Source Photo 14 et Figure 14 En ligne : [http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Tour\\_Sears\\_-\\_Tour\\_Willis\\_Chicago](http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Tour_Sears_-_Tour_Willis_Chicago)

<sup>3</sup> <https://sites.google.com/site/lafoliedesgrandeursph/structures>

<sup>4</sup> [http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Tour\\_Sears\\_-\\_Tour\\_Willis](http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Tour_Sears_-_Tour_Willis)

### II. 3-6-La structure à ossature extérieure triangulée :

Ce principe est l'une des techniques structurelles et architecturales utilisées afin que le bâtiment ne bouge pas trop et reste stable en cas de vents forts ou de tremblement de terre.

Les renforts triangulés, s'ajoutent à l'ossature extérieure et augmentent la rigidité de l'ensemble. La base est plus large, ce qui permet une plus grande stabilité, et donc une hauteur plus

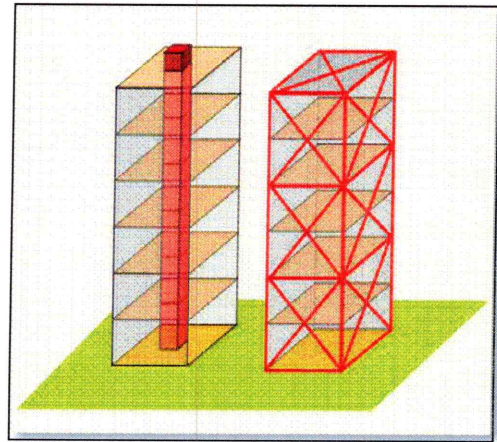


Figure 15 : La structure à ossature extérieure triangulée  
Source [http://gp.tpe.free.fr/index\\_fichiers/Page591.htm](http://gp.tpe.free.fr/index_fichiers/Page591.htm)

importante. Ce type de structure adéquat pour s'opposer à la déformation, cette solution utilise une ou plusieurs barres métalliques formant une triangulation dans une partie de l'ossature dans le plan vertical. Les barres ne sont alors soumises qu'à des efforts normaux (tractions ou compressions) et forment des palées de stabilité. Ces palées peuvent transmettre les efforts horizontaux sur un ou plusieurs étages. Ils doivent correspondre à des critères spécifiques tels que :

- **Leur nombre :** par étage, il faut au moins trois palées non parallèles et non concourantes
- **Leur disposition :** les palées doivent être situées le plus symétriquement possible au centre de gravité des planchers et préférablement aux angles avec une largeur suffisante
- **Leur distribution verticale :** pour être régulière, les palées doivent être superposées afin de communiquer aux différents niveaux. Une mauvaise disposition des palées de stabilité peut causer des effondrements à cause de déformations subies trop importantes.<sup>5</sup>
- **Exemple 01 : le John Hancock Center à Chicago.**

Le John Hancock Center 442 m de hauteur est considéré comme l'un des bâtiments les plus célèbres du style architectural expressionniste. Le contreventement extérieur de la structure est un renforcement de son « système tubulaire ». La façade du bâtiment à contreventement apparent a fait du John Hancock Center une icône mondiale architecturale. Les renforts triangulés, s'ajoutent à l'ossature extérieure et augmentent la rigidité de l'ensemble.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Tpe sur le génie parasismique Milan zacek. [http://gp.tpe.free.fr/index\\_fichiers/Page591.htm](http://gp.tpe.free.fr/index_fichiers/Page591.htm), consulté le 30/05/2015

<sup>6</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/John\\_Hancock\\_Center](http://fr.wikipedia.org/wiki/John_Hancock_Center)

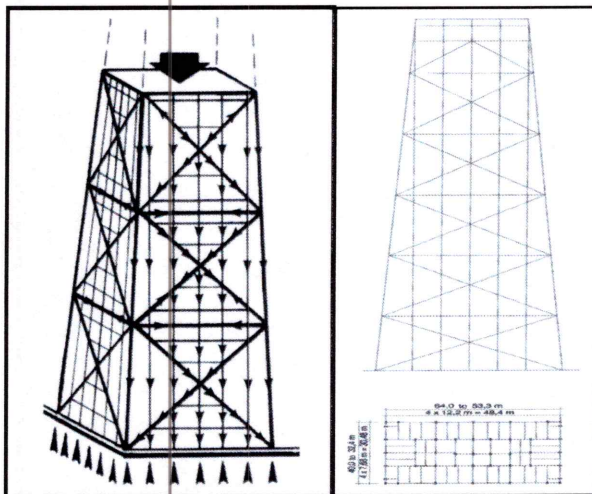


Figure 16 : schéma du John Hancock Center à Chicago

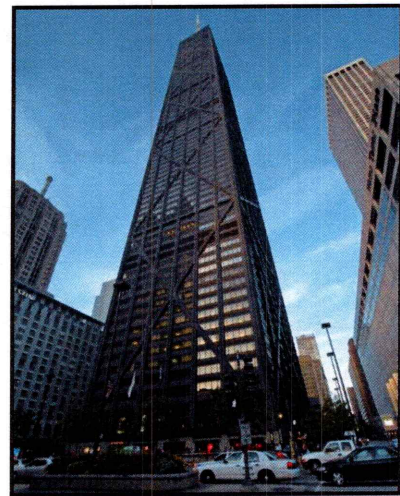


Photo 23 : John Hancock Center à Chicago

Source En ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/John\\_Hancock\\_Center](http://fr.wikipedia.org/wiki/John_Hancock_Center)

• **Exemple 02 : la Hearst-Tower :**

Le sous-sol de la Hearst-Tower à une structure en béton armé La tour est soutenue par un ensemble d'énormes colonnes en acier 12 qui s'élèvent de l'intérieur de la base. La structure a une forme triangulaire, en utilisant un sommier quatre étages qui offre la même stabilité qu'un cadre de structure classique. Sommier élimine également les colonnes verticales. La structure particulière utilisée a permis le mouvement de soulèvement du noyau à l'extérieur du centre de l'installation. Les cadres triangulaires, quatre étages, utilisés dans la conception donne au bâtiment son aspect, une efficacité structurelle plus distinctif, moderne et en même temps. C'est le premier bâtiment en Amérique du Nord où il n'y a pas de poutres d'acier verticales à l'étranger.

Le design est avant les attentats du 11 Septembre. Toutefois, il a ensuite été examiné et vérifié leur fonctionnement dans les pires conditions. Le sommier fournit une excellente réponse en cas de tremblement de terre ou les bombardements.<sup>7</sup>



<sup>7</sup> Architecture du Monde . Le 24 mars 2015

WikiArquitectura [http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Bureaux\\_Hearst](http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Bureaux_Hearst).consulté le 05/05/2015

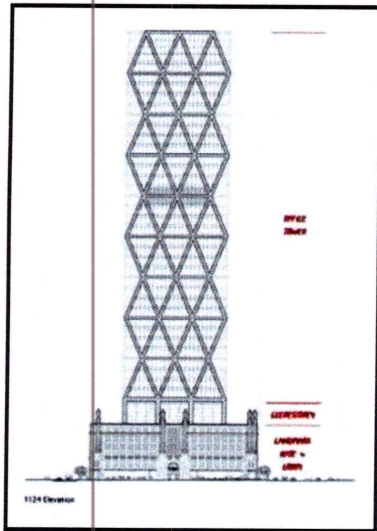


Figure 17 : Coupe sur la Hearst-Tower

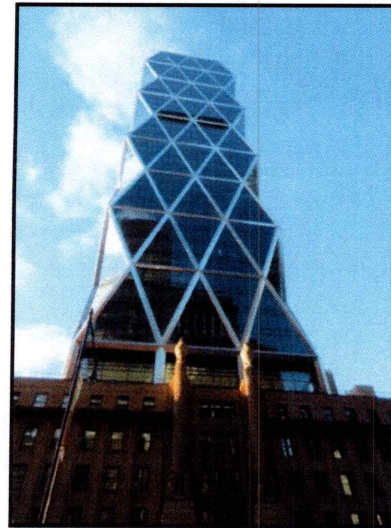


Photo 24 : La Hearst-Tower

Source Figure 16 et photo 25 En ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Hearst\\_Tower\\_\(New\\_York\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Hearst_Tower_(New_York))

### **II. 3-7- 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 hauteur dure en moyenne de 2 à 4 ans mais elle peut être plus rapide.<sup>8</sup>

- **Exemple : Hong Kong & Shanghai Bank a Hong Kong en Chine :**

La structure de ce bâtiment est certainement unique en ce sens au lieu des étages empilés les uns sur les autres, comme on a l'habitude, voici un certain nombre d'usines clés "roulement" répartis le long de la hauteur du bâtiment et qui pendent d'autres plantes.

Sur les côtés courts de la construction se trouvent les supports qui sont chargés de transmettre les charges du bâtiment à la fondation. 5 repose sur les poutres de support propagation énorme sur toute la hauteur du bâtiment, chacune d'environ 7 étages. Ces poutres ont l'avantage correspondant à la hauteur d'une plante, et en fait, à l'intérieur il y a des activités pour être normalement solives par des barres métalliques. De ces grosses poutres littéralement suspendu plantes qui sont en dessous, jusqu'à ce qu'on atteigne la poutre suivante.<sup>9</sup>

<sup>8</sup>Nicolas Kunert et Baptiste Leclerc. LES RENCONTRES DE L'IAUR ET SI ON PRENAIT DE LA HAUTEUR ? <http://www.iaur.fr/wp-content/uploads/2013/07/final-technique-et-architecture.pdf>. consulté le 16/03/2015.

<sup>9</sup>[http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Hong\\_Kong\\_%26\\_Shanghai\\_Bank](http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Hong_Kong_%26_Shanghai_Bank)

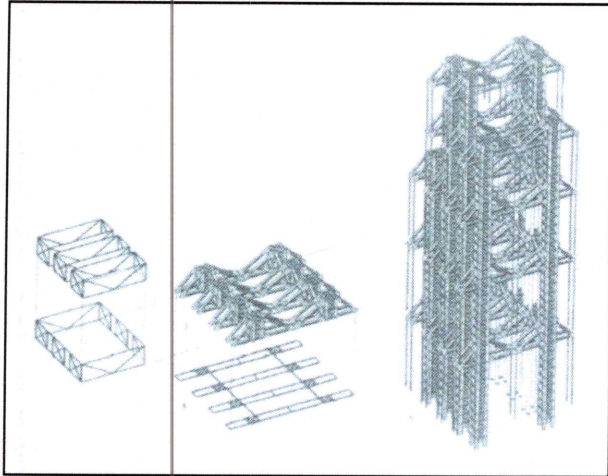


Figure 18 : Ossature du Hong Kong & Shanghai Bank



Photo 25 : Hong Kong & Shanghai Bank

Source Figure 18 et photo 25 En ligne : [http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Hong\\_Kong\\_%26\\_Shanghai\\_Bank](http://fr.wikiarquitectura.com/index.php/Hong_Kong_%26_Shanghai_Bank)

### **II. 3-8- Ossature d'acier à piliers d'appuis**

Structure à piliers externes géants en acier béton où l'intérieur de la structure est semblable à celle du World Trade Center, mais qui permet d'être encore plus solide et donc plus haut et d'atteindre plus de 120 étages.

La structure principale du bâtiment est en acier avec un noyau en béton, organisé autour d'un châssis en acier forte et redondant composé de colonnes et poutres rejoint par une combinaison de boulons et les soudures pour résister aux charges latérales par flexion des éléments cadre. La structure de la tour crée des espaces libres à l'intérieure colonne. En collaboration avec des murs de cisaillement qui forment le cœur du bâtiment cadres structurels en béton offrent une grande rigidité à la structure globale de la tour.

Comme la tour s'élève de sa base cubique à bord arrière biseauté, la place se transforme en huit triangles isocèles de hauteur. En son centre, la tour forme un octogone parfait dans le plan, puis se termine par un parapet de verre dont le plan est un carré de  $45^\circ$   $3.81 \times 3.81$  m rotation de la base.<sup>10</sup>

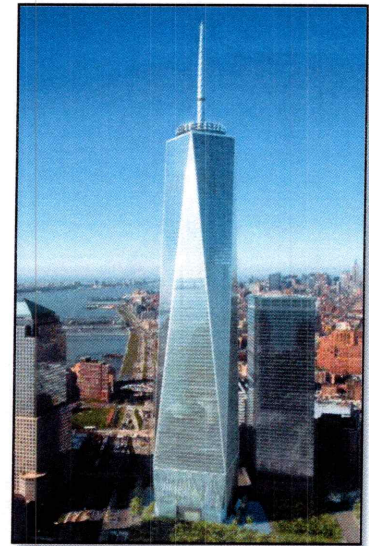


Photo 26 : World Trade Center

Source En ligne : <http://www.baroude.com/blog/2012/05/one-world-trade-center/>

<sup>10</sup> Omarould hocine. Construction les gratte-ciel. <http://omarouldhocine.free.fr/CONSTRUCTION.html>. Consulté 21/01/2015.

### **II. 3-9 - Nouvelle perspectives :**

Depuis nombre d'années, certaines expérimentations se sont tournées vers l'élaboration de dispositifs de façade pour améliorer les économies d'énergie.

Si les retombées économiques et la maîtrise énergétique restent difficiles à mesurer, l'impact sur les procédures de conception prend un tournant significatif, y compris pour les immeubles de grande hauteur.

#### **II.3-9-1- Tour polycentrique**

Ce système propose d'organiser le bâtiment sous forme de modules constitués autour de plusieurs noyaux de circulations verticales. En rupture avec le concept classique d'immeuble de grande hauteur (IGH) à noyau central, les tours polycentriques pourraient offrir une alternative en matière de sécurité incendie. Ce concept a été adopté et réfléchi après l'effondrement des *Twin Towers* le 11 septembre 2001.

- **Éléments structurants :**

- ✓ **Les piliers :**

Tubulaires, équidistants d'environ 30 mètres, délimitent un polygone régulier dont le diamètre (ou l'apothème) est de l'ordre de 120 mètres. La structure des piliers est coupe-feu 4 heures. Chaque pilier contient 12 ascenseurs capables d'acheminer en même temps 2 400 Personnes.

Les piliers contiennent également les réseaux et fluides nécessaires à la vie de l'ensemble.

- ✓ **Les plates-formes :**

(Anneaux de résistance). D'une hauteur de 8 mètres pour une largeur de 20 mètres, elles sont, elles aussi, coupe-feu 4 heures. Outre un rôle structural, elles ont pour fonction de supporter et de porter les blocs d'immeubles.

- ✓ **Les blocs :**

Trapèzes de bases 45x25 m, d'une largeur inférieure à 20 mètres, ce sont des éléments légers et transparents, capteurs de lumière et de clarté. Les « pignons » de chaque bloc sont accolés aux 2 piliers entre lesquels ils sont placés. C'est par eux qu'on accède, à chaque extrémité d'étage, aux escaliers et aux ascenseurs protégés des piliers.

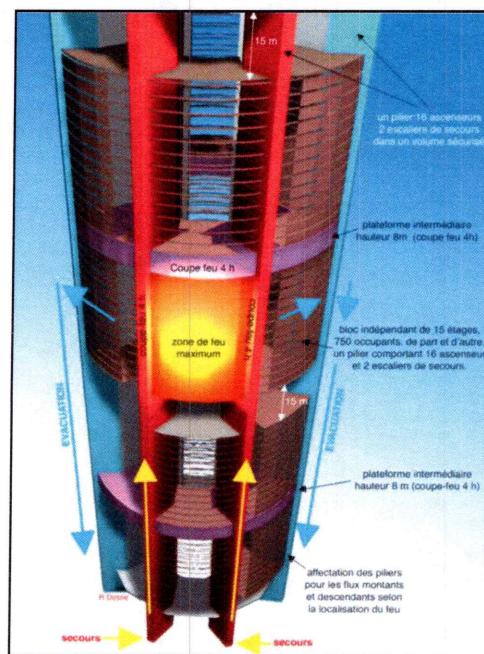


Figure 19 : schéma de la tour polycentrique

Source : Marc Bohy, tour polycentrique solution à la sécurité dans les IGH, Page 03

✓ **Partie constructifs :**

15 étages d'un bloc sont, très classiquement, constitués de structures mixtes acier et béton, comportant un petit plénum technique. La trame des poteaux, dans le cas d'un bloc porté sur la plate-forme de résistance est de  $6 \times 9$ . Elle reste identique lorsqu'il s'agit de tirants, dans le cas d'un bloc suspendu.

✓ **Une structure porteuse extérieure :**

Partiellement apparente et à l'air libre. L'implantation des piliers à la périphérie de la méga structure assure la plus haute résistance face aux secousses sismiques comme à l'incendie ou aux autres types d'agressions. Les plates-formes de résistance jouent un rôle important dans la stabilité de l'ouvrage. Elles offrent des possibilités supplémentaires de circulation.

-Ce concept de tour polycentrique permet de construire des tours de 600 mètres de haut. Elles seraient alors composées de 8 noyaux verticaux.

**II.3-9-2- L'exosquelette :**

Principe structurel très novateur inspiré des bio-organismes. Il garantit une résistance de l'ouvrage à des efforts mécaniques particulièrement importants (typhons, tremblements de terre) tout en intégrant une réelle protection face aux agressions extérieures (avions, missiles).

Ce principe structurel permet une flexibilité des espaces intérieurs qui garantit une exploitation programmatique et économique à long terme.

Cette nouvelle approche supprime l'usage des échafaudages pour sa construction. Il s'agit là, d'une révolution dans les technologies constructives des gratte-ciel.

• **Concept :**

Ces édifices à l'efficacité énergétique si élevée, fabriqués en usine, auront des temps et des coûts de construction inférieurs à ceux des édifices construits selon les méthodes traditionnelles. La préfabrication permettra aussi des chantiers propres et écologiques, sans bruits, ni poussières, ni débris, avec une plus grande sécurité sur les lieux de travail et moins d'imprévus. Des temps de construction inférieurs seront aussi synonymes d'une réduction des consommations d'énergie.



Photo 27 : les Guangzhou Twin Towers

Source En ligne : <http://www.linternaute.com/savoir/grands-chantiers/tours-du-monde/guangzhou.shtml>

• **Exemple01 : La Tour torsadée**

La Tour torsadée fut construite à Malmö, en 2003. Santiago Calatrava imagina un bâtiment, se composant de sept blocs de cinq étages, séparés entre eux, qui ressemblent à des cubes ayant subi une torsion tout au long de leur hauteur. Pour obtenir une telle forme, chaque plateau d'étage est déduit de l'étage inférieur par rotation ; au cinquante-quatrième étage, la rotation est de 90 degrés par rapport au sol. Les plateaux entourent un cylindre qui contient les ascenseurs ; dans ces espaces d'habitation, les cuisines et les salles de bains sont regroupées autour du noyau vertical.

Chaque cube torsadé, abritant cinq niveaux de 2,200 m<sup>2</sup> de surface totale, est généré par un plan pentagonal. Il est constitué de planchers dalles en béton armé et de façades en éléments préfabriqués légers, en métal et en verre. Ces planchers s'appuient sur un noyau vertical de béton, groupant circulations, ascenseurs, escaliers et réseaux techniques. En périphérie, un exosquelette métallique, constitué d'éléments préfabriqués (bras, rotules et articulations), vient conforter la stabilité en augmentant le contreventement et la résistance à la torsion. Chaque niveau comprend de un à cinq appartements sur 400 mètres carrés.

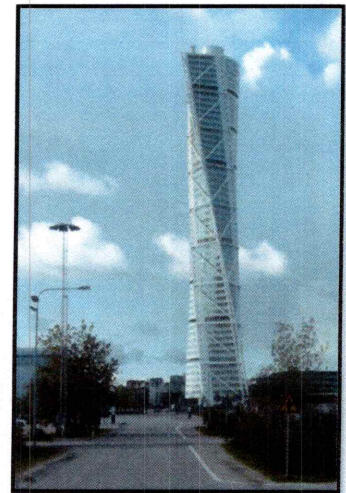


Photo28 : La Tour torsadée, Malmö, 2003, Santiago Calatrava  
Source En ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Turning\\_Torso](http://fr.wikipedia.org/wiki/Turning_Torso)

La face supérieure des blocs est réservée à un espace panoramique, où prennent place des services collectifs (salon, saunas, salles de gym, etc.).

**II.4-Contreventement :**

Le contreventement d'un bâtiment est constitué par l'ensemble des éléments structuraux capables d'assurer la résistance à un effort horizontal (vent, séisme, poussée des terres). Ces éléments structuraux assurent la transmission de ces efforts jusqu'aux fondations de l'ouvrage et ils participent à la résistance au renversement de la structure dans son ensemble.

**II.4-1-Contreventement de la structure en béton :**

Le contreventement des constructions est assuré généralement par un ou plusieurs des dispositifs suivants en association :

- Portiques constitués de poteaux et de poutres.
- Palées de contreventement (ensemble poteaux-poutre associé à une croix de Saint-André).



- Voile rigides simples ou composés constituants par exemple une cage d'escalier ou d'ascenseur.
- Le contreventement peut être :
  - Interne : voiles de refend internes, cages d'escalier, noyau central ;
  - Externe : voiles de pignons, façades.
  - A la fois interne et externe.

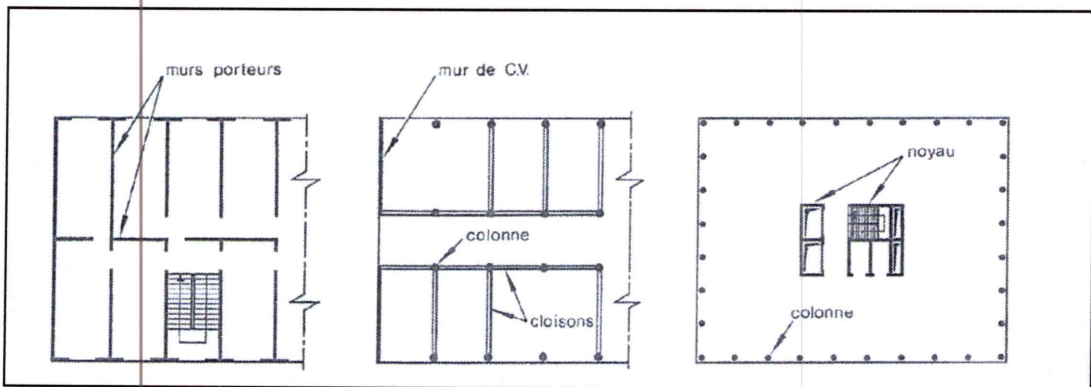


Figure20 : Quelques types de contreventement en bâtiment

Source En ligne : <http://www.academia.edu/11421300/Conceptionparasismique-130831160143-phapp01>

#### **II.4- 2-Le contreventement par noyaux :**

Souvent utilisé pour les immeubles de grande hauteur. Les noyaux qui correspondent aux cages d'escaliers ou d'ascenseurs peuvent être combinés avec des éléments de contreventement situés en façade ; on obtient ainsi des structures tubulaires comportant des tubes intérieurs pleins (noyaux) et un tube extérieur ajouré (façade) ; celui-ci doit bien entendu être lié aux tubes intérieurs par des structures rigides de manière à assurer la participation au contreventement de l'ensemble des éléments résistants. Ces structures rigides de liaison peuvent être présentes à tous les niveaux du bâtiment (par exemple, en remplaçant systématiquement certains cloisons par des refends<sup>11</sup>) ou seulement à certains niveaux.<sup>12</sup>

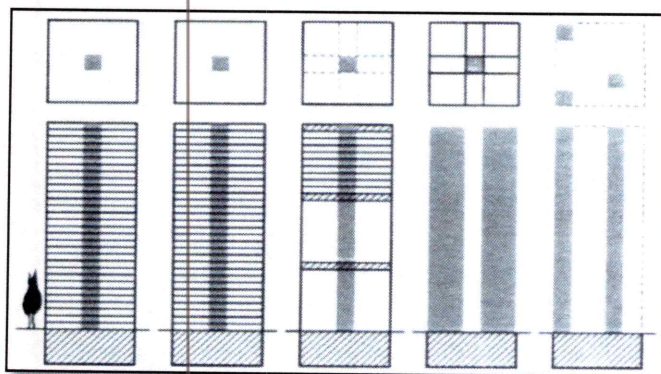


Figure21 : Exemple de contreventement par noyaux en béton

Source En ligne : <http://www.academia.edu/11421300/Conceptionparasismique-130831160143-phapp01>

<sup>11</sup> Mur porteur intérieur

<sup>12</sup> Jaouad ID Boubker. Conception parasismique. <http://www.academia.edu/11421300/Conceptionparasismique-130831160143-phapp01> . Consulté le : 10/02/2015

### II.4-3-Contreventement de la structure Métallique :

Les éléments de support verticaux sont appelés les contreventements verticaux ; les éléments résistants horizontaux sont les contreventements horizontaux qui sont situés dans chaque plancher.

Lorsque des contreventements horizontaux sont nécessaires, ils sont choisis en forme de barres diagonales distribuées dans le plan de chaque plancher. Si des bacs acier sont utilisés, les contreventements peuvent être remplacés par l'action de diaphragmes lorsque ces bacs sont fixés de manière adéquate sur les poutres.<sup>13</sup>

Les contreventements verticaux et horizontaux représentent, ensemble, le système de contreventement global qui assure le transfert de toutes les forces horizontales aux fondations.

Les contreventements verticaux sont caractérisés par différents arrangements des barres diagonales dans l'ossature acier. Ils s'identifient comme suit :

- diagonale simple.
- contreventement en croix (croix de Saint-André).
- contreventement en forme de V inversé.
- portique asymétrique.
- portique symétrique.<sup>14</sup>
- contreventement en forme de V.

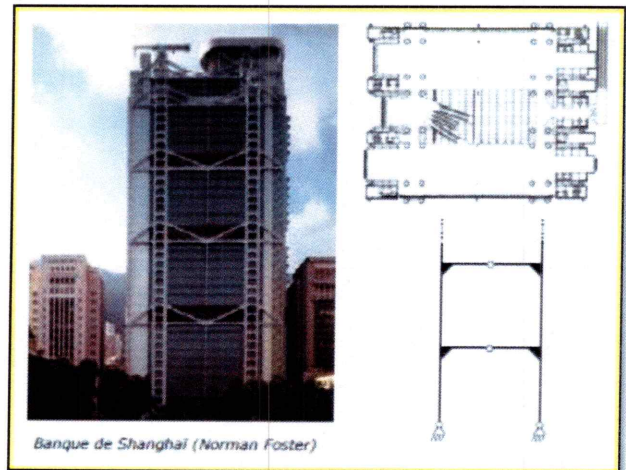


Figure22 : contreventement de la Hong Kong & Shanghai Bank  
Source En ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/HSBC\\_Main\\_Building](http://fr.wikipedia.org/wiki/HSBC_Main_Building)

Les dispositifs de contreventement contribuent à la stabilité générale d'une construction. Le système de contreventement de l'ossature agit contre les sollicitations horizontales et plus particulièrement les efforts dus au vent, assurant la stabilité latérale du bâtiment. Ces efforts s'appliquent en premier sur la « peau » du bâtiment : façades et toitures ; c'est donc d'abord dans les plans formés par ces parties d'ouvrage que se trouvent les dispositifs de stabilité.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> ESDEP GROUPE DE TRAVAIL 1B. Introduction à la conception des bâtiments à étages.

<http://www.systemx.fr/meca/cm/ESDEP/Volume%2001/Groupe%201B/Lecor%2007/Francais/L1B-7-2.pdf>

<sup>14</sup> ESDEP GROUPE DE TRAVAIL 1B. Introduction à la conception des bâtiments à étages.

<http://www.systemx.fr/meca/cm/ESDEP/Volume%2001/Groupe%201B/Lecor%2007/Francais/L1B-7-2.pdf>

<sup>15</sup> Saraoui selmasaraoui selma rahmani. les gratte-ciel. <http://fr.slideshare.net/Saamysaami/grattes-ciel> consulté: 06/06/2015

Lorsque des ossatures métalliques sont contreventées, différents types de contreventement peuvent être utilisés en fonction des exigences structurelles et fonctionnelles (figure 13). Les plus courants sont :

- Diagonale de contreventement simple ou double.
- Contreventement en K vertical ou horizontal.
- Contreventement en treillis.

Les contreventements en K ou en diagonale simple peuvent être excentrés, c'est-à-dire que les éléments diagonaux ne se rencontrent pas aux nœuds.

✓ **Palées triangulées :**

Économique et simple, c'est le dispositif le plus fréquemment employé pour des bâtiments de hauteur faible à moyenne. Pour s'opposer à la déformation, cette solution utilise une ou plusieurs barres métalliques formant une triangulation dans une partie de l'ossature dans

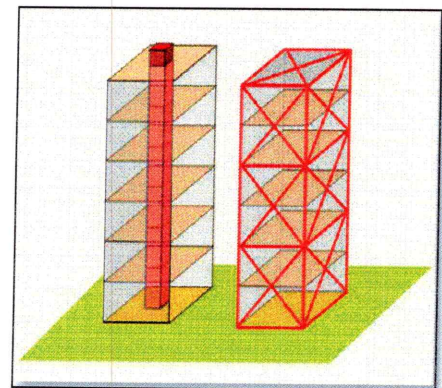
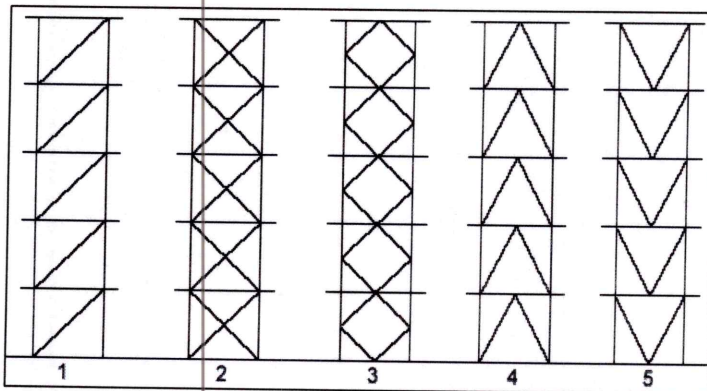


Figure 23 et 24 : contreventement du Palées triangulée

Source en ligne : [http://www.jmb51.net/BATIMENT\\_OSSATURE\\_METALLIQUE.html](http://www.jmb51.net/BATIMENT_OSSATURE_METALLIQUE.html)

le plan vertical. Les barres ne sont alors soumises qu'à des efforts normaux (tractions ou compressions) et forment des palées de stabilité. Ces palées peuvent transmettre les efforts horizontaux sur un ou plusieurs étages.

## **II.5- Contraintes et solutions à de nouveaux records :**

### **II.5-1- Les Contraintes :**

La particularité d'un gratte-ciel est de devoir résister à deux types de forces : des forces verticales dues au poids phénoménal de l'édifice et des forces verticales dues à la force des vents. En effet dans un immeuble classique, dépassant rarement trente mètres de hauteur, la pression du vent est négligeable. Mais, un gratte-ciel doit faire face à deux conditions liées aux vents :

- La force du vent, la force exercée par le vent varie en proportion géométrique de l'augmentation des hauteurs.
- Les conditions atmosphériques.

A cause des contraintes évoquées ci-dessus, la structure d'un gratte-ciel est considérée comme stable si la hauteur ne fait pas plus de sept fois sa largeur à sa base. Un immeuble de 70 mètres de haut devra au minimum être large de dix mètres. Ainsi, les limites de hauteur des gratte-ciel ont été atteintes aux alentours de 400 mètres.

### **II.5-2- Les solutions :**

Aujourd'hui les ingénieurs ont dû faire preuve de talent pour trouver des solutions à problème d'hauteur : ainsi deux d'entre elles ont été retenues et appliquées.

**La première solution consiste à augmenter la raideur de l'immeuble pour éviter que celui-ci ne cède face au vent.** Pour cela, la seule solution trouvée à ce jour est d'assembler plusieurs tours ou blocs entre eux. Ainsi, d'après le principe des actions réciproques, chaque bloc retient l'autre qui lui-même retient le premier :

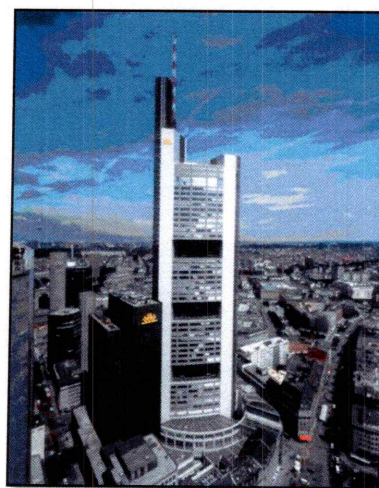


Photo 29 : La Commerzbank  
Source En ligne :  
<http://www.tourismenfotos.com/1248:torre-commerzbank>

L'assise est renforcée. C'est le cas de la Commerzbank de Francfort (plus haut gratte-ciel d'Europe avec 279 mètres) où la structure est basée sur trois tours de béton indépendantes reliées entre elles par des passerelles sur toute la hauteur où se trouvent les bureaux.<sup>16</sup>

**La seconde solution est toute autre et assez révolutionnaire :** il s'agit d'amortir les mouvements naturels de l'immeuble dus au vent.

En effet, tous les gratte-ciel sont conçus avec un minimum de souplesse qui leur permet de plus ou moins se balancer avec le vent et de ne pas se briser. En se balançant, les mouvements du gratte-ciel ne peuvent pas être perçus car trop faibles, mais un autre phénomène cause des ravages : l'accélération. Pour résoudre ce problème, l'ingénieur a mis au point pour le Citicorp Center (279 mètres) de New York, un système d'amortisseur appelé « Amortisseur de masse»

<sup>16</sup> Takemehigher mémoire IGH <http://takemehigher.over-blog.net/top>. Consulté le 21/12/2015.

(Tuned Mass Damper). Ce type d'amortisseur de très haute technologie repose sur un principe simple : une masse est posée sur un bain d'huile au dernier étage. <sup>17</sup>

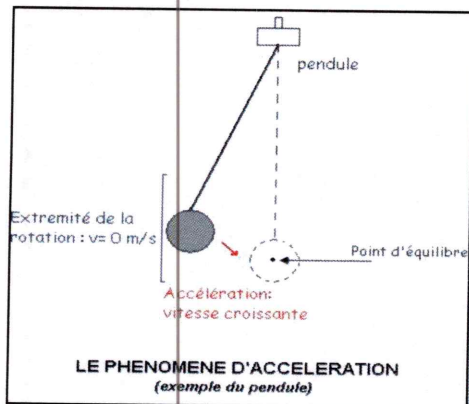


Figure 25 : La tour de Taipei 101.phenome d'accélération

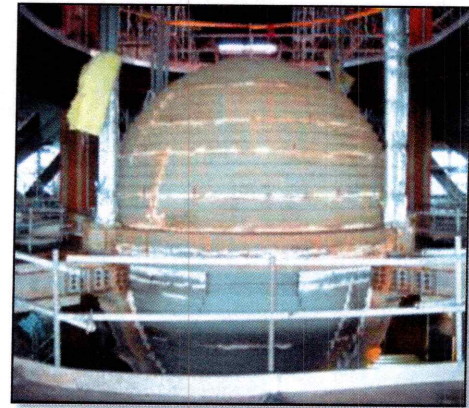


Photo 30 : Amortisseur de masse

Source. En ligne : <http://takemhigher.over-blog.net/article-5902362.html>

Avec l'huile, le contact entre le plancher et la masse est retardé. Grâce à cette action, la masse se balance à contre sens du balancement du gratte-ciel. En réalité, l'huile ne suffirait pas à obtenir un contre balancement parfaitement coordonné, donc les ingénieurs ont ajouté des intermédiaires entre la masse et l'huile : ressorts, suspension de la masse au plafond...

Ainsi, le balancement est en partie neutralisé et par ce biais l'accélération, mais la souplesse nécessaire de l'immeuble, obtenue par le choix des matériaux, n'est pas entachée.

Aujourd'hui, le gratte-ciel de Taipei Financial Center (Taipei 101) est doté d'un système comparable avec une boule de 800 tonnes appelée « Feng shui » et censée amortir jusqu'à 40% des mouvements de l'édifice. <sup>18</sup>

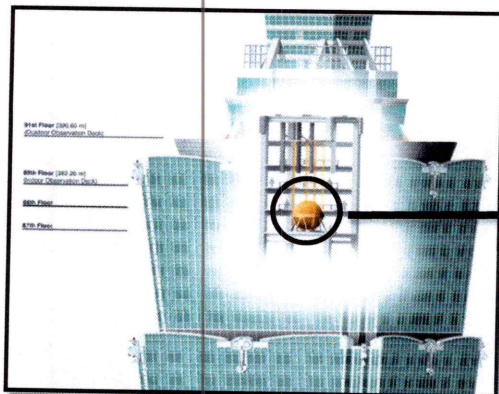


Figure 26 : Amortisseur de la tour de Taipei

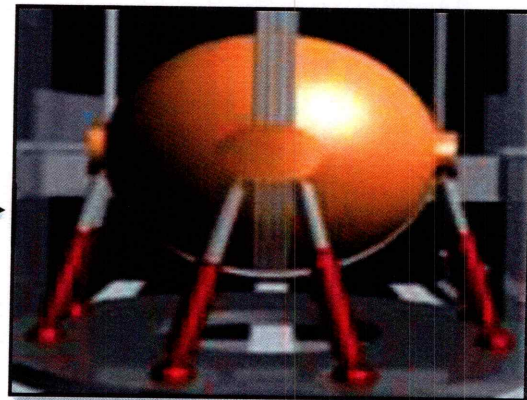




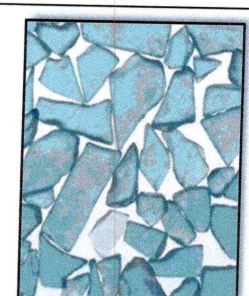
Photo 31 : Détail amortisseur de la tour de Taipei

Source Figure 26 et Photo 31. En ligne : <http://takemhigher.over-blog.net/top>

<sup>17</sup> Takemhighemémoire IGH <http://takemhigher.over-blog.net/top>. Consulté le 21/12/2015.

<sup>18</sup> Takemhighemémoire IGH <http://takemhigher.over-blog.net/top>. Consulté le 21/12/2015.

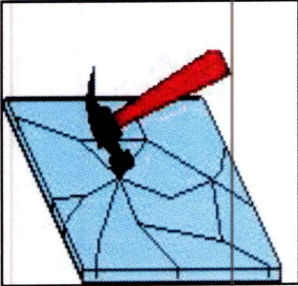
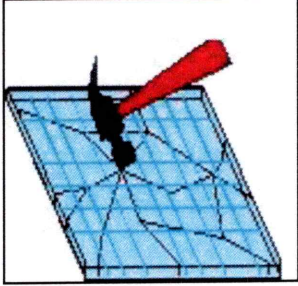
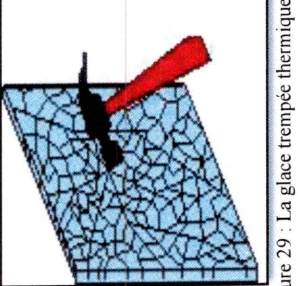
**II.6-Matériaux de construction :**

Matériaux.	Photo	Classement M.	Avantages	Inconvénients
<p><b>L'acier</b> : est un alliage à base de fer additionné d'un faible pourcentage de carbone. La teneur du carbone a une influence importante sur les propriétés de l'acier.</p>	 <p>Photo 32 : acier</p>	<p>M0 Incombustible inflammable.</p>	<p>la résistance aux efforts (module d'élasticité, limite élastique, résistance mécanique), dureté, résistance aux chocs (résilience). Recyclables. permet d'obtenir des formes volumineuses de formes complexes.</p>	<p>la mauvaise résistance à la corrosion ou le fait qu'il est assez difficilement à mouler. Mais il est souvent plus coûteux. la mauvaise résistance au feu.</p>
<p><b>Béton</b> : Le béton est un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats (sable, gravillons) agglomérés par un liant. Pour la construction de gratte-ciel, le type de béton le plus utilisé est le béton armé</p>	 <p>Photo 33 : Béton</p>	<p>M0 Incombustible inflammable.</p>	<p>une mise en œuvre facile, résistance à la compression. un prix peu coûteux. Un matériau solide comme de la pierre et dure des siècles.</p>	<p>faible résistance aux efforts de traction. un faible retrait et un fluage peu important.</p>
<p><b>Le verre</b> : Le verre est un matériau dur, fragile et transparent. C'est un symbole de modernité dans le bâtiment, c'est pour cela que l'on l'utilise pour faire des façades en mur-rideau.</p>	 <p>Photo 34 : Verre</p>	<p>M0 Incombustible inflammable.</p>	<p>un vitrage plan soumis à un effort de flexion (effet du vent, de la neige...) a une face en compression et une face en extension. Il est imperméable aux gaz et résiste aux pressions internes élevées.</p>	<p>le coût d'achat est élevé. il est cassables ce qui rend son transport un peu délicat.</p>

Source Photo32 et Photo 33et 34. En ligne : <http://takemehigher.over-blog.net/top>

Tableau 02

**II.6-1-Caractéristique et types des matériaux utilisés**

<p><b>La glace « Flat » recuite :</b> En cas de bris les morceaux sont de grandes dimensions et très vulnérants.</p>	 <p>Figure 27 : La glace Flat recuite</p>	<p><b>Les aciers alliés :</b> sont les aciers dont les propriétés peuvent être modifiées par un ajout de d'autres éléments (principalement métalliques).</p>	<p><b>Béton armé :</b> est un matériau composite qui allie les propriétés mécaniques du béton et celles de l'acier, basé sur leur possibilité d'adhérence. Les aciers résistent aux efforts de traction extension, tandis que le béton, à la compression. Cette association permet de limiter les déformations des ouvrages.</p>
<p><b>La glace ou verre armés :</b> En cas de bris les morceaux sont importants mais sont retenus par l'armature de fils métalliques. Ainsi les risques de blessure graves sont très faibles.</p>	 <p>Figure 28 : La glace armée</p>	<p><b>Caractéristiques de l'acier allié :</b> Forte robustesse _ Forte ténacité _ Bonne ductilité _ Immunisé contre la fragilisation. 2)-Les aciers traités : sont les aciers dont les caractéristiques ont été modifiées par des traitements thermiques.</p>	<p><b>Béton précontraint :</b> un matériau auquel on a fait subir un traitement mécanique préalable pour le rendre apte à résister aux deux sens de sollicitations compression et traction.</p>
<p><b>La glace trempée thermiquement :</b> En cas de bris sa fragmentation est fine et non contondante.</p>	 <p>Figure 29 : La glace trempée thermiquement</p>	<p><b>Le béton de ciment alumineux (ou béton fondu) :</b> c'est un béton dans lequel le liant utilisé est du ciment alumineux. Ce béton a une bonne résistance aux environnements agressifs et développe rapidement des résistances mécaniques élevées.</p>	

Source Figure 27 et Figure 28 et 29 . En ligne : <http://takemehigher.over-blog.net/top>

Tableau 03

GLACE	ACIER	BETON
<p><b>La glace trempée chimiquement :</b> Comme pour la glace trempée thermiquement, cela lui confère une résistance mécanique et au choc thermique remarquable, mais sa fragmentation est semblable à celle de la glace recuite.</p>		<p><b>Les bétons auto compactant, auto plaçant et auto nivelant :</b> Ce sont des bétons très fluides, homogènes et stables, mis en œuvre sans vibration dans le coffrage, ils se mettent en place sans serrage. Se caractérisent par leur grande capacité d'écoulement sans altération de la stabilité. Ils présentent à l'état durci des performances analogues à celles des bétons traditionnels mis en œuvre par vibration.</p>
<p><b>Le vitrage feuilleté :</b> En cas de bris l'intercalaire plastique retient les morceaux de verre, les risques de blessures sont alors réduits. Lors d'une casse thermique la surface du verre échauffée par le soleil (ou par un spot lumineux ...) va se dilater beaucoup plus que la partie froide.</p>		<p><b>Béton à haute performance :</b> Les BHP sont des bétons dits de hautes performances car ils possèdent de meilleures caractéristiques que les bétons normaux tels que : Une meilleure résistance à la compression, Une grande fluidité et des besoins en eau plus faible. De plus les BHP ont une plus grande durabilité.</p> <p><b>Le béton fibré :</b> c'est un béton dans lequel sont incorporées des fibres synthétiques ou métalliques: les fibres renforcent le béton. Il permet une plus grande rapidité et une plus grande facilité de mise en œuvre et la limitation de la fissuration.</p>

Source Figure 30 et Figure 31. En ligne <http://takemehigher.over-blog.net/top>

Tableau 04



**II.7- Résistances des matériaux composants les grattes ciel :**

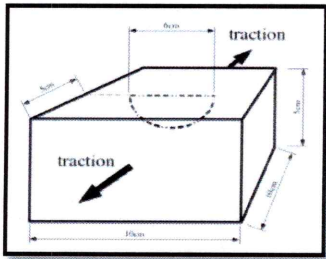
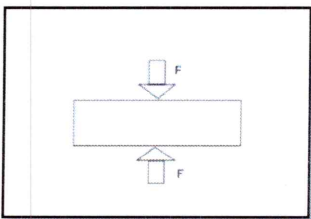
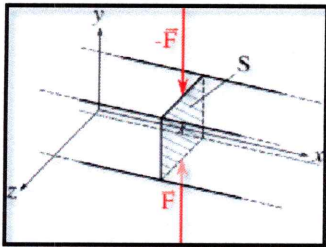
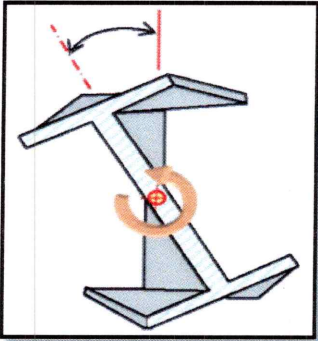
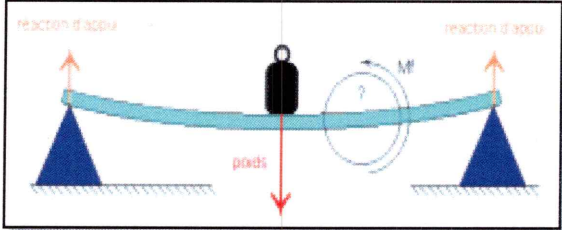
Les matériaux ont évolués au cours des derniers siècles Avant, ils se limiter à l'acier pour la structure. Le béton armé fit son apparition bien plus tard. C'est au niveau des façades que l'utilisation des matériaux est la plus diverse.

**II.7-1- Les caractéristiques des matériaux :**

Les matériaux sont de plus choisis en fonction des disponibilités dans les pays de construction, et les méthodes de fabrication ont beaucoup évoluées avec le temps : la découverte de nouveaux matériaux et de nouvelles techniques permettant de construire toujours plus haut. Les matériaux possèdent des caractéristiques classés en différents critères : la fragilité, la ductilité, l'élasticité, la dureté, la malléabilité, la ténacité, la résistance à la corrosion, la résistance à l'abrasion, la dilatation et contraction thermique, la fatigue.

**II.7-2- Les contraintes des matériaux :** Les matériaux sont soumis à des contraintes sont :

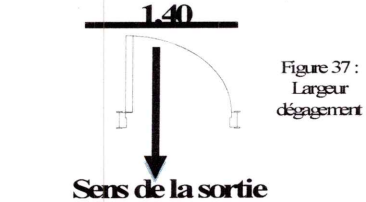
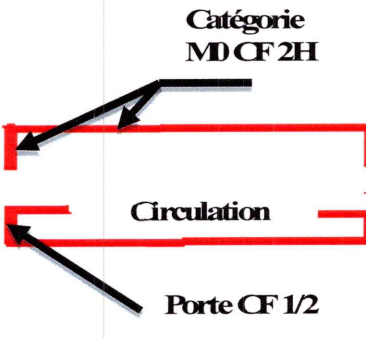
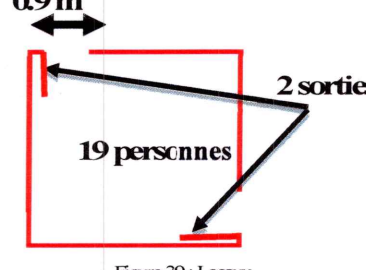
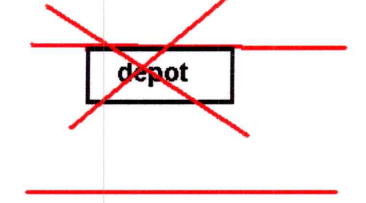
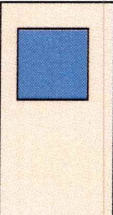
Tableau 05

Contrainte	Schéma	Contrainte	Schéma
<p><b>La traction :</b> la traction est une contrainte qui étire l'objet.</p>	 <p>Figure 32 : La traction</p>	<p><b>La compression :</b> la compression est une contrainte qui s'applique aux deux extrémités du matériau, en le comprimant.</p>	 <p>Figure 33 : La compression</p>
<p><b>Le cisaillement :</b> la force de cisaillement est la force de frottement qui s'exerce entre deux blocs se déplaçant dans deux sens opposés.</p>	 <p>Figure 34 : Le cisaillement</p>	<p><b>La torsion :</b> la torsion est une contrainte entraînant une déformation du matériau : elle entraîne la rotation d'une partie du matériau.</p>	 <p>Figure 35 : La torsion</p>
<p><b>La flexion :</b> la flexion est une contrainte déformant le matériau (s'il ne dispose pas de forte limite élastique) en lui soumettant une compression sur un de ses points. Cette flexion s'applique sur deux points éloignés deux chaque côté du point subissant la compression.</p>	 <p>Figure 36 : La flexion</p>		

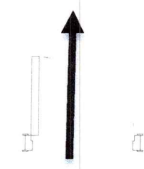

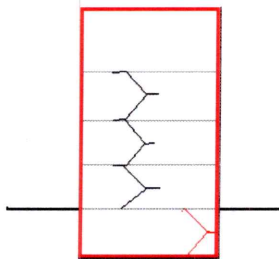
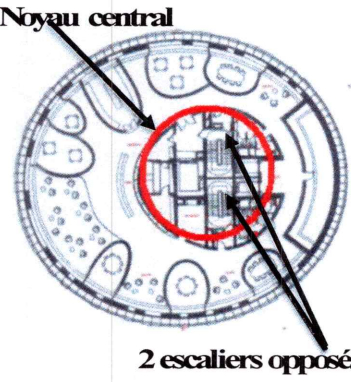
Source Figures 32, 33, 34, 35 et 36. En ligne : <http://takemhigher.over-blog.net/top>

**II.8-Dégagement :**

Tableau 06

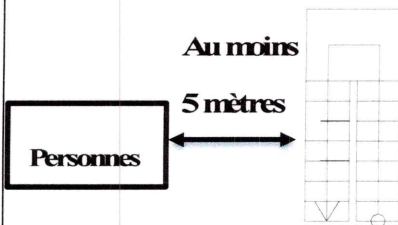
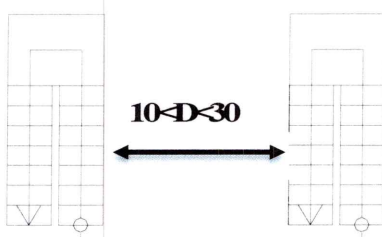
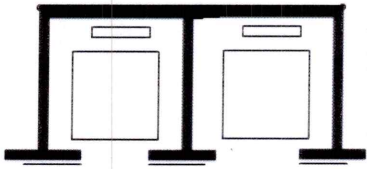
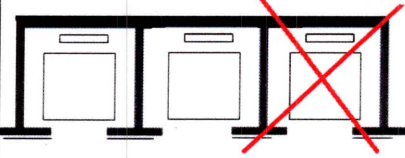
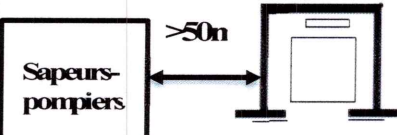
Dégagement	Explication	schéma
<b>Dégagement horizontale</b>	Doivent avoir des largeurs d'au moins 1.40 Mètres.	
	Les circulations horizontales communes doivent être en cloisonnées par des parois en matériaux de catégorie MD ou euro classe(s)équivalente(s) et coupe-feu de degré une heure au moins, ne comportant aucun volume de rangement ouvrant dans les circulations. Les blocs portes de ces parois doivent être pare flammes de degré une demi-heure au moins et équipés de ferme porte.	 <p>Figure 38 : Circulation horizontale</p>
	Tous les locaux recevant plus de 19 personnes doivent être desservis par deux sorties distinctes aussi éloignées que possible l'une de l'autre et dont la largeur ne doit pas être inférieure à 0,90 mètre.	 <p>Figure 39 : Locaux</p>
	L'accès utilisable par des sapeurs-pompiers doit être signalé et balisé ;	
<b>Saillies et dépôts</b>	Aucune saillie ou dépôt ne doit réduire la largeur minimale des dégagements visée à l'article précédent. Toutefois, les aménagements fixes sont admis jusqu'à une hauteur maximale de 1,10 mètre à condition qu'ils ne fassent pas saillis de plus de 0,10 mètre	 <p>Figure 40 : Dépôt</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les portes en va et vient doivent comporter une partie vitrée à hauteur de vue.</li> <li>-Les vitrages des portes doivent être transparents ; les couleurs rouges et orange sont interdites</li> </ul>	 <p>Porte vitrée</p> <p>Figure 41 : Porte vitrée</p>

Source figure 37, 38, 39, 40,41 : ADOUANE Wàhiba et ALLAOUA Kahina.Réglementaion ERP et IGH2007.Page :47,48 et 49.

<p><b>Les portes</b></p>	<p>Les portes desservant des locaux susceptibles de recevoir plus de cinquante personnes doivent s'ouvrir dans le sens de la sortie. Toutes les portes des escaliers doivent également s'ouvrir dans le sens de l'évacuation.</p>	 <p>Figure 42 : Porte de locaux</p>
	<p>Les portes des locaux en cul-de-sac doivent être signalées par une inscription "sans issue" en lettres blanches sur fond rouge.</p>	 <p>Figure 43 : Porte de locaux en cul-de-sac</p>
<p><b>Dégagement verticale</b></p>	<p>Les volées ne doivent pas compter plus de 25 marches. Les escaliers desservant les étages doivent être continus jusqu'au niveau permettant l'évacuation sur l'extérieur.</p>	 <p>Figure 44 : escalier continue</p>
<p><b>Escalier</b></p>	<p>une sortie directe doit correspondre à chacun des escaliers de l'immeuble, sauf lorsque ces escaliers débouchent sur un hall s'ouvrant largement sur l'extérieur</p>	
	<p>Si les escaliers sont réunis dans un noyau central, les dispositifs d'accès aux escaliers doivent se trouver sur deux faces opposées du noyau du compartiment.</p>	 <p>Figure 45 : noyau centrale</p>

Source figure 42, 43, 44, 45 : ADOUANE Wahiba et ALLAOUA Kahira. Réglementation ERP et IGH 2007. Page : 50 et 51.

Tableau 07

	<p>Un dispositif doit être prévu pour obliger les personnes à parcourir 5 mètres au moins.</p>	 <p>Au moins 5 mètres</p> <p>Personnes</p> <p>Figure 46 : espace d'accès escalier</p>
	<p>Tous les escaliers doivent être reliés entre eux par des circulations horizontales communes.</p> <p>Les escaliers doivent être à plus de 10 mètres et à moins de 30 mètres l'un de l'autre.</p>	 <p>10 &lt; D &lt; 30</p> <p>Figure 47 : séparation entre escalier</p>
<p><b>Dispositif d'intercommunication</b></p>	<p>Ils doivent avoir les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CF 2h, permettant évacuation des fumées</li> <li>• surface de 3a 6 m</li> <li>• 2 issues à 1.20m sans obstacles (sauf colonnes sèche et/ou humide, volet de désenfumage, canalisation électrique et téléphonique).</li> </ul>	
<p><b>Ascenseurs et monte-charge</b></p>	<p>Les sapeurs-pompiers doivent accéder directement à chaque niveau de chaque compartiment non atteint ou menacé par l'incendie au moyen d'au moins deux ascenseurs.</p> <p>En aucun cas, il ne peut avoir plus de deux ascenseurs dans une même gaine</p>	 <p>Figure 48: Ascenseur</p>  <p>Figure 49 : Interdiction du troisième Ascenseur</p>
	<p>La distance à parcourir par les sapeurs-pompiers ne doit pas dépasser 50 mètres, entre la voie d'accès définie à l'article GH4 et les appareils ascensionnels visés.</p>	 <p>&gt;50m</p> <p>Sapeurs-pompiers</p> <p>Figure 50 : Distance pour sapeurs des pompiers</p>

Source figure 46, 47, 48, 49 et 50 : ADOUANE Wáhiba et ALLAOUA Kahina. Réglementation ERP et IGH 2007. Page : 52 et 53.

Tableau 08

## **II.9- Confort dans les immeubles de grande hauteur :**

### **II.9-1- Les chaufferies :**

À l'intérieur des immeubles sont interdites. Cependant les chaufferies au gaz sont autorisées lorsqu'elles sont :

- situées à la terrasse supérieure des immeubles ;
- Alimentées en gaz par un conduit extérieur à l'immeuble, tel que la surface extérieure de ce conduit soit à l'air libre ;
- construites de telle façon que les effets d'une explosion éventuelle soient atténués le plus possible et que les accès ne se fassent qu'à l'air libre.

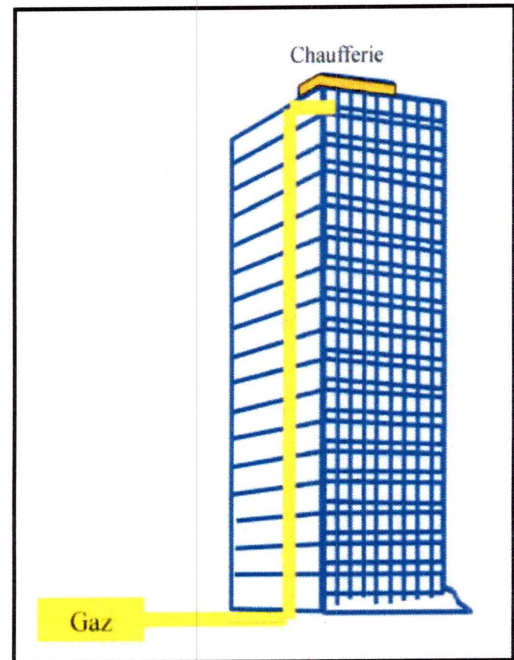


Figure 51 : Installation de la chaufferie dans IGH

Source : Cre MEBAREK AISSA BENALI. ECOLE NATIONALE DE LA PROTECTION CIVILE. 2005. la prévention (Un devoir de prévention pour un droit à la sécurité). Page 44.

- Les cuisines collectives fonctionnant au gaz, sont autorisées dans les mêmes conditions

### **II.9-2-Conditionnement d'air :**

Pour l'application des dispositions de l'article G.H.10, les parois séparant ces locaux de l'immeuble de grande hauteur doivent être coupe-feu de degré quatre heures, Résister à une pression d'une tonne par mètre carré et ne pas comporter de dispositif de franchissement.

Le degré de stabilité au feu des éléments porteurs de la structure, contigus ou inclus dans ces locaux, est égal au degré coupe-feu de leurs parois.

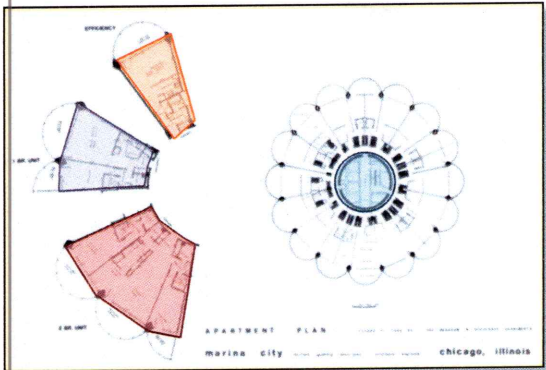
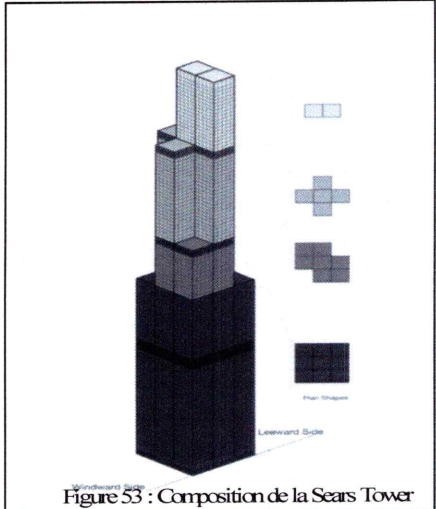
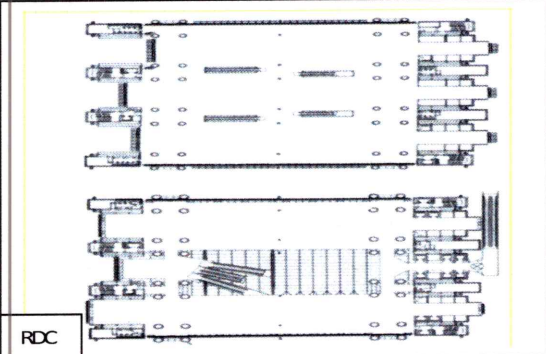
### **II.9-3-Ventilation :**

Les conduits de ventilation et de climatisation sont réalisés en matériaux incombustibles et dans la traversée d'autres compartiments ou de locaux à risques importants.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Cre MEBAREK AISSA BENALI. ECOLE NATIONALE DE LA PROTECTION CIVILE. 2005. la prévention (Un devoir de prévention pour un droit à la sécurité).

**II.10- Aspect architecturale des immeubles de grande hauteur :**

**II.10-1-Organisation spatiale** Tableau 09

Exemple de la tour.	Plans	Explication.
Marina City.	 <p>Figure 52 : Plans de la tour Marina City Source : en Ligne : <a href="http://blog.desmonts.net/2012/02/auto-architecture-marina-city-chicago/">http://blog.desmonts.net/2012/02/auto-architecture-marina-city-chicago/</a></p> <p> <span style="color: orange;">■</span> Appartements studio.      <span style="color: red;">■</span> Appartements trois pièces.  <span style="color: purple;">■</span> Appartements deux pièces.      <span style="color: blue;">■</span> Fonction divers.         </p>	<p>Marina City est un ensemble très animé d'appartements, de boutiques, d'équipements de loisirs, de bureaux, de restaurants, de banques, de garages et de stations-service. Elle contient aussi 896 appartements (256 studios, 572 deux pièces, 64 trois pièces) bénéficiant chacun d'un balcon privé. Les 10 niveaux inférieurs sont consacrés aux parkings.</p>
Sears Tower.	 <p>Figure 53 : Composition de la Sears Tower</p>	<p>Sears Tower est un bureau moderne et attrayant avec une superficie de 418,64 m<sup>2</sup>. La surface est divisée en 110 appartements, 108 au-dessus du sol, qui est accessible avec 104 ascenseurs, dont 16 sont des doubles hauteurs. Il a été le premier gratte-ciel au monde à intégrer ce type de remontées mécaniques. Il est divisé verticalement en trois zones d'entre 30 et 40 étages, dont chacun dispose d'un hall en double hauteur, ainsi que d'avoir trois étages mécaniques.</p>
La tour de Hong Kong & Shanghai Bank.	 <p>Figure 54 : Plan RDC de la Hong Kong &amp; Shanghai Bank.</p>	<p>L'ensemble du rez-de-chaussée fut traité en espace ouvert, vaste place publique, couverte, laissée à l'usage des piétons, une façon d'intégrer le bâtiment à la ville en permettant ainsi facilement le passage. Le hall traditionnel de la banque fut reporté au premier niveau. De la base au sommet, on trouve ainsi une place publique au niveau du sol, le hall de la banque au niveau 3 que l'on gagne au moyen de longs escaliers mécaniques partant de</p>

Source Figure 53 et 54 En ligne : <http://fr.wikipedia.org/wiki/>

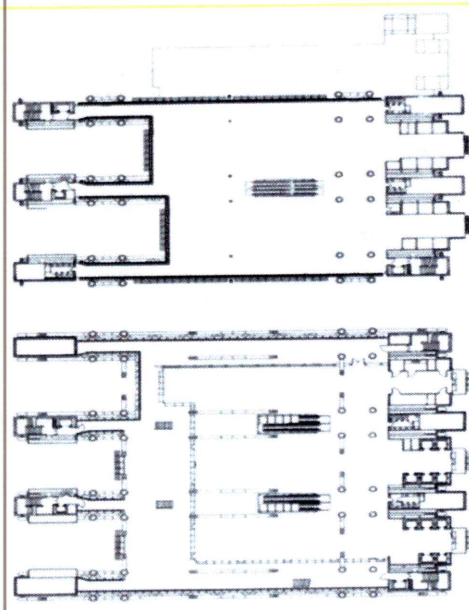


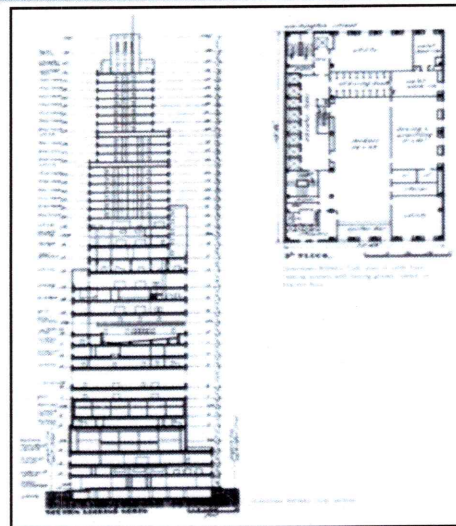
Figure 55 : Plans de la Hong Kong & Shanghai Bank.

la place, puis s'échelonnent les différents types de bureaux, des plus ouverts au plus privés, les lieux du commandement, les grandes salles de réunion et l'appartement du directeur au sommet du bâtiment. Des ascenseurs rapides assurent l'accès jusqu'à l'un des cinq espaces à double hauteur, à partir desquels il est possible de prendre d'autres ascenseurs desservant cette fois à chaque étage de la zone située directement au-dessus du plateau. L'espace le plus spectaculaire, visible au niveau de la place piétonne située sous le bâtiment, est l'atrium central de douze étages de haut, s'élevant à cinquante-deux mètres au-dessus du sol.



Figure 56 et 57 : Plan de la Downtown Athletic tour

Construit en 1930 par sarrette et van flegt, 35 étages comprenant commerces, hôtel, piscine, golf miniature, et terrains de sport et autres équipements.



Source figure 55,56,57 : <http://fr.wikipedia.org/wiki/> Tableau 10

### II.10-2-Façade :

Les façades, sont ce qui fait le renommée d'une tour, elles jouent différents rôles, elles expriment, un style, une époque.

Les matériaux constitutifs d'une façade d'un immeuble de grande hauteur doivent être :

- MD pour les paravents extérieurs des façades y compris les volets ou jalousies.
- Le tracé général des façades ne doit pas favoriser la transmission du feu.
- Les panneaux des façades vitrées doivent en outre satisfaire à la règle suivante :

$$C + D > 1,20 \text{ mètre} :$$

**C**: exprimé en mètres étant la distance verticale entre le haut d'une baie et le bas de la baie qui lui est superposée lorsque la façade est en maçonnerie traditionnelle.

**D**: exprimé en mètres étant la distance horizontale entre le plan des vitres et le mur de la plus grande saillie de l'obstacle résistant au feu une heure au moins qui sépare les murs ou les panneaux situés de part et d'autre du plancher.

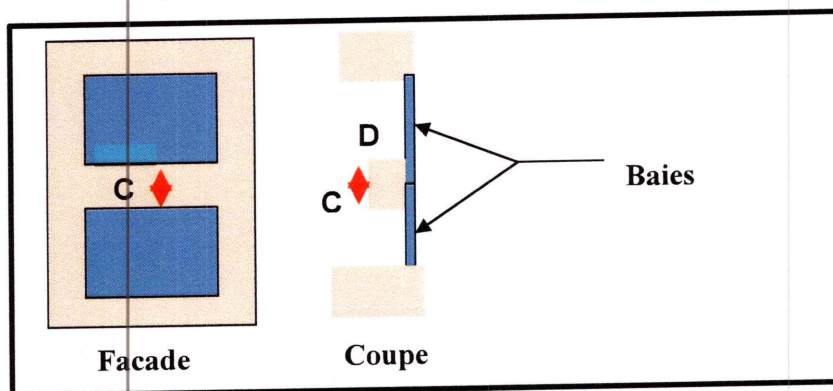


Figure 58 : Coupe et façade de la baie vitrée

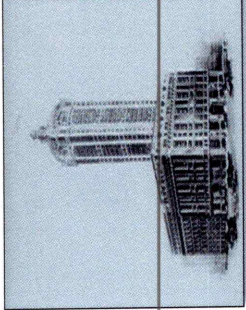
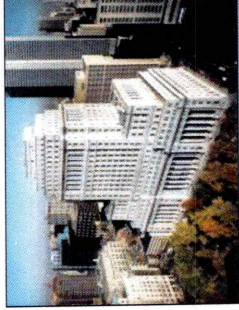
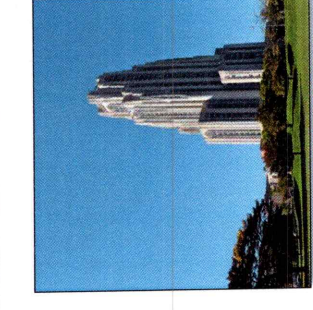
Source : ADOUANE Wáhiba  
et ALLAOUA Kahina  
réglementation ERP et IGH  
2007. Page :46

- Les façades sont conçues et réalisées de façon à limiter la propagation du feu d'un compartiment à l'autre :
- par les jonctions des façades avec les structures et parois aux limites des compartiments ;
- par l'extérieur.

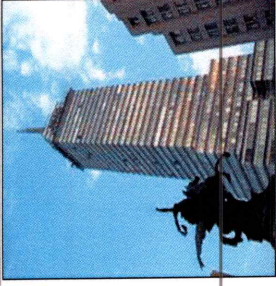

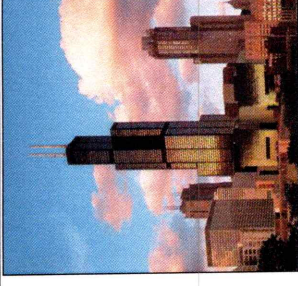
Les façades ou parties de façades ayant une fonction porteuse sont stables au feu de degré 2 h ou R120. A partir de 1940, des constructions tramées sont réalisées, le grillage de la trame s'élargit, les espaces libres entre éléments porteurs, sont élargis, puis remplis de façons diverses, métal verre, bois verre ou d'autres combinaisons de matériaux. Dans un moment les éléments de structure ont disparus complètement grâce à des murs rideaux que l'on suspendra à la structure après que celle-ci ait été assemblée. Les façades se développent au rythme de l'amélioration des matériaux, avec l'aluminium et le verre ils arrivent à créer des surfaces parfaitement planes et très uniformes. Pour cela ils utilisent des panneaux préfabriqués.




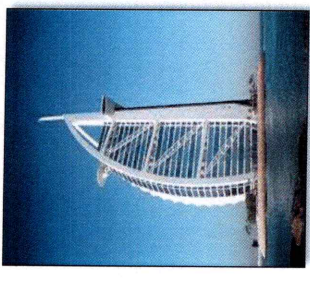
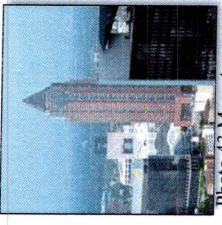
**II.10-3-Style des gratte-ciel :**

Pays.	Style.	Exemple de la tour	Explication.	Photo.
New York.	Style beaux-arts.	Singer building. 186,57 mètres.	De 1870 à 1930 : s'inspire en partie de l'exubérance du baroque tout en gardant certains éléments du style classique, avec ornementation très riche.	 <p>Photo 35 : Singer building</p>
Montréal	Style néoclassique.	Edifice Sun Life. 121mètres.	milieu du XVIIIe siècle et a duré jusqu'au milieu du 20 <sup>e</sup> . l'utilisation d'éléments gréco romains ; colonnes, fronton, colonnades, arches, plans symétriques.	 <p>Photo 36: Edifice Sun Life</p>
Pittsburgh	Style néogothique.	Cathédrale de Savoie. 163 mètres.	jusque dans les années 1930. l'utilisation des formes médiévales qui contrastaient avec les styles classiques dominants à l'époque.	 <p>Photo 37 : Cathédrale de Savoie</p>

## Chapitre 02 : Aspect technique des IGH

Mexique.	Style modernisme précoce.	Torre Latino americana. 183 mètres.	de 1930 à 1950 un stade intermédiaire entre la complexité des styles historiques antérieurs (néoclassique et néogothique) et la simplicité des formes du style international. Les façades de ce type gardent des éléments des styles historiques antérieurs mais empruntent au style international des lignes lisses et droites, ont des formes cassées avec des masses distinctes, des ailes et des côtés ouverts.	 Photo 38 : Torre Latino americana
Russie. Moscou.	Style stalinien.	Hôtel Ukraine. 198 mètres.	de 1945 à 1960, Les façades de ce style sont très fortement symétriques, sont souvent coiffés par une importante flèche et mettent fortement l'accent sur les lignes verticales.	 Photo 39 : Hôtel Ukraine
États-Unis Chicago.	Style international.	Willis Tower (ex Sears Tower) 527,3mètres.	apparu dans les années 1950 ce style qui se caractérise par un certain minimalisme, une simplicité et un fonctionnalisme, des lignes droites, des toits plats, et une large utilisation du verre et de l'acier dans les façades.	 Photo 40 : Willis Tower

## Chapitre 02 : Aspect technique des IGH

Hong Kong	Style Brutaliste.	Lippo 172 mètres	Centre.	Ce style apparu dans les années 1950 les façades caractérisé par des formes massives et lourdes préférant une image de force à une image d'élégance.	 Photo 41 : Lippo Centre
Dubaï	Style High-tech.	Burdj Al Arabe 321 mètres.		apparu à la fin des années 1960. Appelé aussi "techno-architecture" ce style se caractérise par des formes très complexes et des immeubles qui montrent dans les façades leurs éléments structuraux.	 Photo 42. Burdj Al Arabe
Allemagne Francfort	Style Post-moderniste.	Messeturm 257 mètres.		apparu dans les années 1945 ce style caractérisé par une certaine fantaisie, le recours à la décoration, à des formes parfois sculptées. des façades décorées en céramique et des ornements en bronze et acier inoxydable.	 Photo 43 Messeturm

Source Photo 41,42 et 43 : <http://fr.wikipedia.org/wiki/> Tableau 13

➤ **Conclusion :**

Après les différentes recherches établis , on a pu attendre notre objective qui réside dans la découverte des aspects technique des immeubles de grande hauteur que ça soit par rapport aux différentes structures établis dans les IGH, des nouvelles vision apparue récemment et prête à être appliquer .On a pris connaissance des différente répartitions spatiale établis , des dégagements verticaux et horizontaux et la manière de les procédés . Ainsi que les différents aspects architecturale ... toute ces connaissance requises, peuvent nous aidées dans la réalisation de notre projet.

# Chapitre 03

### **III. Chapitre 03 : Sécurité et prévention :**

#### **➤ Introduction**

Notre objectif dans ce chapitre est de déterminer les principes et les obligations nécessaires dans les immeubles de grande hauteur en cas de dégâts, et des catastrophes naturelles. Et également citer les différentes préventions et les consignes qu'on va utiliser dans notre projet.

#### **III.1- Les principes fondamentaux de sécurité :**

Pour assurer la sauvegarde des occupants et du voisinage, les immeubles de grande hauteur doivent respecter les règles de sécurité suivantes :

1. Les matériaux combustibles se trouvant dans chaque compartiment sont limités dans les conditions fixées par la réglementation correspondante. Les matériaux susceptibles de propager rapidement le feu sont interdits.
2. L'évacuation des occupants doit être assurée par deux escaliers au moins par compartiment, sauf - éventuellement - pour les immeubles de la classe G.H.W. 1 pour lesquels la réglementation autorise la dérogation.
3. L'accès des ascenseurs doit être interdit dans les compartiments atteints ou menacés par l'incendie. En cas de sinistre dans une partie de l'immeuble, les ascenseurs et monte-charge doivent continuer à fonctionner pour le service des étages et compartiments non atteints ou menacés par le feu.
4. L'immeuble doit comporter des dispositions appropriées empêchant le passage des fumées du compartiment sinistré aux autres parties de l'immeuble.
5. L'immeuble doit comporter :
  - une ou plusieurs sources autonomes d'électricité destinées à remédier, le cas échéant, aux défaillances de celle utilisée en service normal.
  - un système d'alarme efficace ainsi que des moyens de lutte à la disposition des services publics de secours et de lutte contre l'incendie et, s'il y a lieu, à la disposition des occupants.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 15/02/2015

### III.2- Parc de stationnement :

Les parcs de stationnement situés sous un IGH ne sont pas considérés comme faisant partie de l'immeuble lorsqu'ils sont séparés des autres locaux de l'immeuble par des parois **coupe-feu de degré 4 heures ou REI 240**. Dans ce cas, ils ne doivent comporter au maximum qu'une communication intérieure directe ou indirecte avec ces locaux.

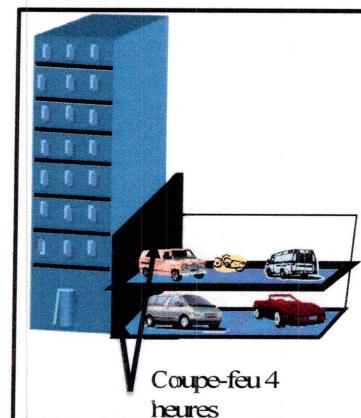


Figure 59 : Parc de stationnement

Source : Giles COUMEAUX, Recyclage SSIAP page 36

### III.3-Le volume de protection des IGH:

#### III.3-1-Choix de l'isolement :

L'isolement d'un IGH par rapport aux constructions voisines peut se réaliser :

- Soit par un mur ou une façade verticale.
- Soit par la mise en place d'un volume de protection.

#### III.3-2- Le mur d'isolement

Il doit pouvoir résister à l'action d'un incendie pendant une **durée minimum de 2 heures**. D'un point de vue technique, on dit qu'il est coupe-feu de degré 2 heures. Ce mur doit être construit toute hauteur, pour être considéré comme une paroi d'isolement réglementaire.<sup>2</sup>

#### III.3-3-Le volume de protection

Tout IGH doit être isolé des constructions voisines, soit par un mur ou une façade CF<sup>o</sup> 2h s'élevant sur toute la partie commune, soit par un volume de protection (libre de tout élément combustible) de 8m de rayon à partir de chaque façade. Les constructions situées en tout ou partie dans ce volume de protection doivent respecter les contraintes suivantes :

- Hauteur  $H < 8m$
- Structure SF<sup>o</sup> 2h et indépendantes de celle de l'IGH.
- Enveloppe extérieure PF<sup>o</sup> 2h (de façon à ne pas menacer L'IGH en cas d'incendie de ces constructions).
- Ne pas abriter d'installations classées pour les risques d'incendie et ou d'exploitation.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 15/02/2015

<sup>3</sup> idem

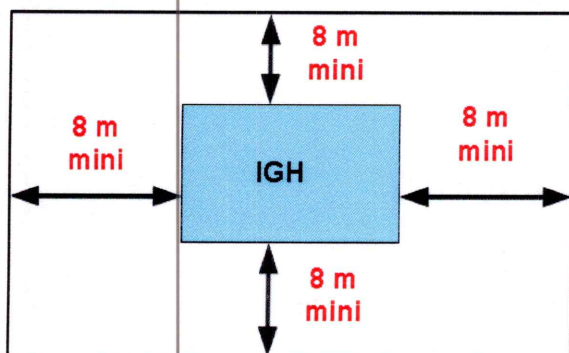


Figure 60 : volume de protection d'un IGH

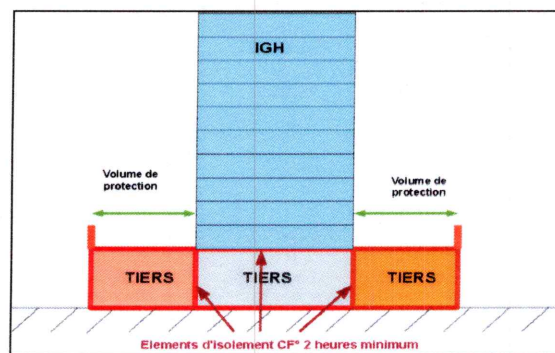


Figure 61 : Elément d'isolement

Source figure 60 et 61. En ligne : <http://www.formationssiap.net/volume-de-protection.php>

### III.4-Le compartimentage dans les IGH:

Le compartimentage est une notion d'isolement, ayant pour but d'interdire le passage des fumées et des flammes d'un compartiment à un autre et aux autres parties de l'immeuble.

L'un des principes fondamentaux de la sécurité contre l'incendie dans les IGH concerne le **compartimentage des locaux**. Ce compartimentage doit permettre de vaincre l'incendie avant qu'il n'ait atteint une dangereuse extension. A cet effet, le bâtiment est divisé en compartiments dont les parois périmétriques doivent pouvoir contenir l'incendie pendant une durée de 2 heures. D'autre part, les matériaux combustibles se trouvant dans chaque compartiment sont limités. De même, les matériaux susceptibles de propager rapidement l'incendie sont interdits.

#### III.4.1- Caractéristiques d'un compartiment :

- Un compartiment à la hauteur d'un niveau et une surface de plancher au plus égale à 2.500 m<sup>2</sup>.
- Sa longueur ne doit pas excéder 75 m. Néanmoins, les compartiments peuvent comprendre deux niveaux si la surface totale n'excède pas 2.500 m<sup>2</sup>.
- Ils peuvent comprendre trois niveaux pour une surface totale de 2.500 m<sup>2</sup> quand l'un d'eux

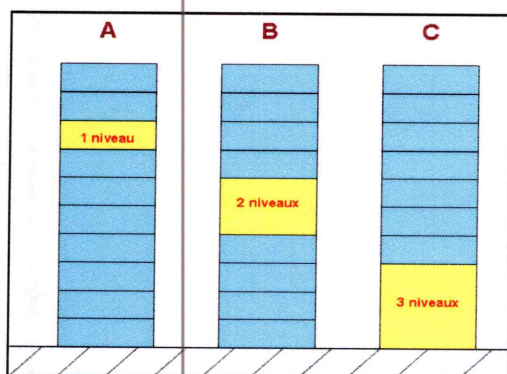


Figure 62 : Situation d'un compartiment

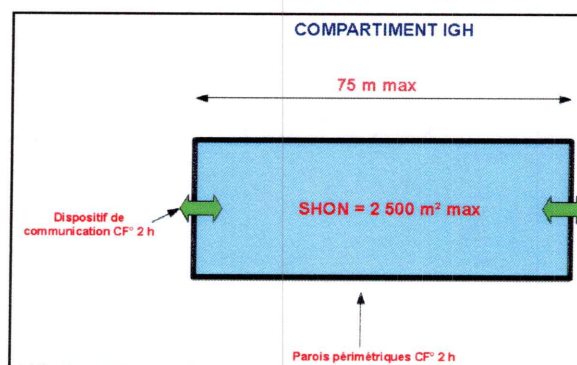


Figure 63 : Caractéristique d'un compartiment

Source figure 62 et 63. En ligne : <http://www.formationssiap.net/compartiment-igh.php>

est situé au niveau d'accès des engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie.



**L'occupation de chaque compartiment est limitée par différents critères :**

- La densité d'un compartiment<sup>4</sup> ne doit pas dépasser une personne par 10 m<sup>2</sup> de surface.
- L'évacuation des personnes est assurée par deux escaliers au minimum, de deux unités de passage (1m40).
- Les escaliers doivent être placés à plus de 10 mètres et à moins de 30 mètres l'un de l'autre.
- Dans les circulations, les trajets en cul de sac sont limités à 10 mètres.
- Tout local pouvant recevoir plus de 20 personnes doit disposer de 2 issues.
- Les compartiments doivent être dotés d'un éclairage de sécurité de type non permanent.
- Chaque compartiment doit disposer :
  - d'un système d'alarme et d'alerte.
  - de moyens de luttés contre l'incendie.

Ces différents dispositifs permettront, si un feu se déclare dans un compartiment, d'isoler l'incendie au moins 2 heures. Les occupants auront donc le temps de se réfugier dans un compartiment mitoyen. Cela facilitera également l'intervention des équipes de sécurité de l'IGH et, s'il y a lieu, les services de secours extérieurs dans la lutte contre l'incendie.<sup>5</sup>

**III.5-Désenfumage en IGH:**

Le désenfumage a pour objet d'extraire, en début d'incendie, une partie des fumées et des gaz de combustion afin de maintenir praticables les cheminements destinés à l'évacuation des occupants.

*Dans un IGH, les compartiments voisins et les escaliers sont protégés de l'envahissement des fumées par un dispositif d'intercommunication avec le compartiment sinistré coupe-feu de degré deux heures ou EI 120.*

Cette disposition technique permet :

- Aux occupants du compartiment sinistré de l'évacuer rapidement.<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup>Division faite aux moyens de cloisons.

<sup>5</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le: 15/02/2015

<sup>6</sup> Idem

- D'empêcher l'introduction de fumées dans les escaliers et les compartiments voisins, quels que soient l'évolution du sinistre et les incidents ultérieurs affectant le système de désenfumage.
- Aux équipes de secours de repérer rapidement les foyers d'incendie et de procéder à leur extinction sans être gênés par l'opacité de la fumée.

### III.5-1-Les différents volumes à désenfumer

Les volumes à désenfumer :

- le désenfumage vertical (escaliers, ascenseurs...)
- le désenfumage horizontal (couloirs...)
- le désenfumage des locaux (compartiments).

### III.5-2-Principes de désenfumage en IGH

✓ **La solution A :**

- Soufflage dans l'escalier.
- Soufflage et extraction dans les dispositifs d'intercommunication.
- Soufflage et extraction dans la circulation horizontale commune.

✓ **La solution B :**

- Soufflage dans l'escalier.
- Soufflage dans les dispositifs d'intercommunication.
- Passage de l'air entre les dispositifs d'intercommunication et la circulation horizontale commune au travers d'une bouche de transfert.
- Extraction et soufflage éventuel dans la circulation horizontale commune.

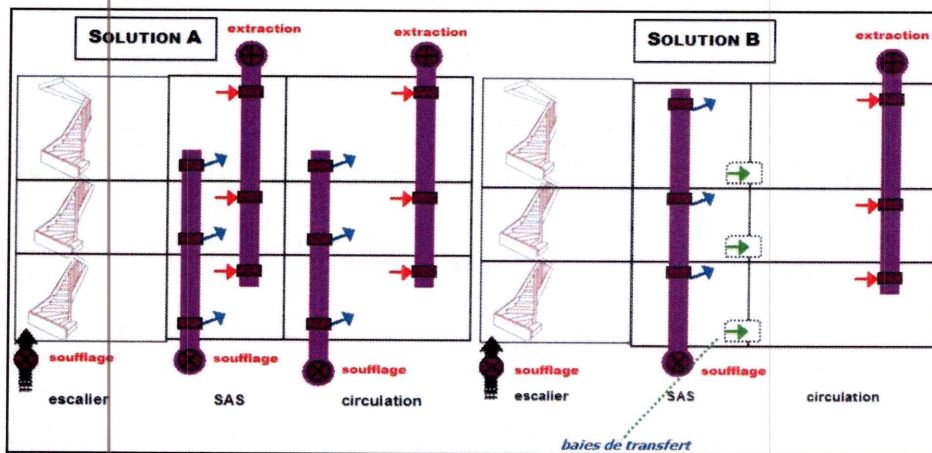


Figure 64 : Solution A et B désenfumage

Source. En ligne : <http://www.cours-ssiap.com/>

Ces deux systèmes peuvent cohabiter au sein d'un même compartiment (solution A+B).

✓ **Circulation horizontale commune (C.H.C) :**

Désenfumage par balayage, bouches d'extraction et amenées s'air alternées= idem IT 246 en ERP.

- Débit de soufflage et  $\dot{M}_{ac}$  179 ;  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $3600 \text{ m}^3/\text{h}$ ) par bouche.
- Vitesse de soufflage  $< 5 \text{ m/s}$ .
- Ventilation d'extraction agréé  $400^\circ \text{ C}/2\text{h}$ .

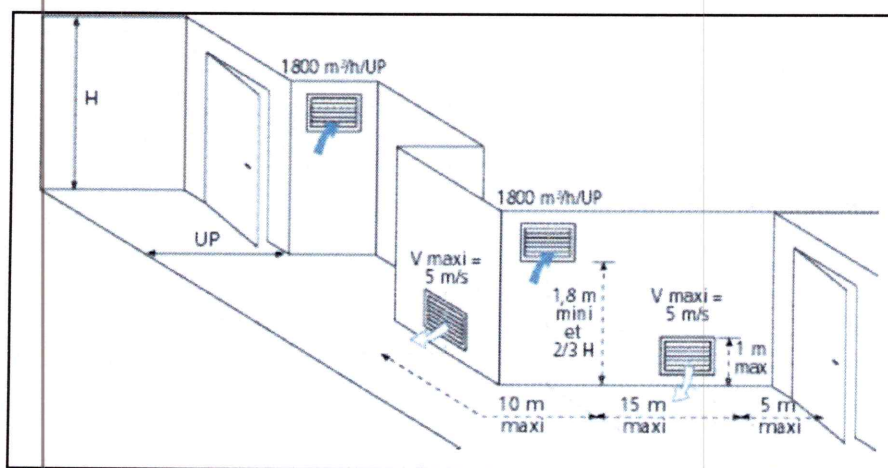


Figure 65 : Circulation horizontale commune (C.H.C)

Source : Giles GOUMEAUX. Recyclage SSIAP page 38

✓ **Escalier :**

Soufflage mécanique avec :

Surpression (20 à 80 Pa).

$V=0.5 \text{ m/s}$  à travers porte ouverte.

**III.5-3-Désenfumage de secours :**

En cas de dysfonctionnement du désenfumage mécanique, des ouvrants en façade doivent être prévus à chaque niveau dans les immeubles qui ne comportent pas de châssis mobiles susceptibles d'assurer la même fonction.

Le désenfumage de secours présente les caractéristiques suivantes :

- 4 ouvrants en façade opposée doivent être prévus à chaque niveau (ou châssis mobile)
- Ils doivent être d'une surface minimum de  $1 \text{ m}^2$  (dans les dégagements ou locaux proches de sas).
- La manœuvre d'ouverture, doit être placée de préférence à chaque niveau au-dessous.
- Les escaliers doivent comporter à leur partie supérieure un exutoire de  $1 \text{ m}^2$

- 1 exutoire de 1m<sup>2</sup> en partie supérieure des escaliers, manœuvre d'ouverture située au PCS.

### **III.6-Systèmes de sécurité incendie en IGH :**

#### **III.6-1-SSI de catégorie A (option IGH) :**

Les immeubles de grande hauteur doivent être équipés d'un système de sécurité incendie (SSI) de catégorie A (option IGH) comportant exclusivement des zones de détection automatique.

#### **III.6-2-Implantation des détecteurs automatiques d'incendie**

Les détecteurs d'incendie sont implantés :

- Dans les circulations horizontales communes.
- Dans les circulations horizontales privatives.
- Dans les ERP non indépendants de l'IGH.
- Dans tous les locaux à risques particuliers.

La zone de diffusion d'alarme est limitée à un compartiment.

#### **III.6-3-Principes de fonctionnement :**

La sensibilisation d'un détecteur entraîne automatiquement et sans temporisation un scénario de mise en sécurité pour le seul compartiment concerné. Ce scénario est adapté selon les cas suivants :

➤ **A- Détection dans une circulation horizontale commune :**

- Déclenchement de l'alarme restreinte au poste central de sécurité incendie.
- Arrêt de la climatisation ou de la ventilation lorsqu'elle est propre au compartiment, ainsi que tout autre arrêt d'installation technique jugé nécessaire.

✓ **Fonction évacuation**

- Alarme générale ; l'alarme sonore devant être audible dans le seul compartiment sinistré et de tout point de ce compartiment.
- Déverrouillage des portes des sorties de secours situées au niveau d'évacuation des occupants sur l'extérieur.

- Déverrouillage des portes destinées à l'accès des services publics de secours et de lutte contre l'incendie.
- Déverrouillage des dispositifs de contrôle d'accès.
- ✓ **Fonction compartimentage**
- Fermeture de l'ensemble des dispositifs actionnés de sécurité (clapets, portes, trappes à fermeture automatique des gaines de monte-courrier ou de transport mécanisé de documents ou autres objets...).
- Non arrêt des cabines d'ascenseurs et de monte-charges dans le compartiment concerné.
- Départ immédiat de tout ascenseur ou monte-charges stationnant dans le compartiment concerné.

✓ **Fonction désenfumage**

- Mise en surpression des cages d'escalier enclouonnées.
  - Désenfumage ou mise en surpression de certains dispositifs d'intercommunication en fonction de leur configuration.
  - Désenfumage des circulations horizontales communes concernées.
- **B- Détection dans une circulation horizontale privative**

Le scénario de mise en sécurité est identique à celui visé ci-dessus à l'exception de la fonction désenfumage.

➤ **C- Détection dans l'un des locaux abritant des activités associées au fonctionnement normal de l'immeuble de grande hauteur destinées ou réservées en priorité aux occupants ainsi que les établissements recevant du public.**

Déclenchement de la fonction évacuation et des asservissements propres à ces locaux ou volumes.

**D- Détection dans des locaux répondant aux caractéristiques suivantes :**

- Dispositifs de franchissement particuliers (passerelle etc.).
- Certaines gaines techniques ainsi que les gaines monte-courriers et assimilées.
- Les gaines d'ascenseurs.
- Les locaux avec une charge calorifique surfacique importante.

Déclenchement de l'alarme restreinte au poste central de sécurité incendie et des asservissements propres à ce local ou volume.

### **III.7-Evacuation dans un IGH:**

L'évacuation, à proprement parler, est régie selon divers règles et en plusieurs étapes lors d'un sinistre :

1. la détection de l'incendie (dispositifs de détection, surveillance humaine).
  2. l'alerte (intérieure vers le PC et extérieure vers les secours ⇒ action de demander une intervention de secours).
  3. alarme (générale tutti quanti, générale sélective, restreinte PC ⇒ prévenant du danger)
  4. évacuation.
  5. contrôle (de l'évacuation, si tout le monde est bien là et au point de rassemblement, serre-files et guide - files).
  6. accueil des secours.
  7. évaluation (de l'exercice d'évacuation).
- ✓ **Alarme générale** : signal sonore et visuel, durée 5 minutes minimum, immédiate ou temporisée, destinée à prévenir tous les occupants de la nécessité d'évacuation.
  - ✓ **Alarme générale sélective** : destinée à avertir certaines catégories de personnel ayant en charge la mise en sécurité des personnes, dans un établissement où évacuation totale impossible (IGH).
  - ✓ **Alarme restreinte** : alarme au PC, audible uniquement du personnel de sécurité (SSI en gros, ou report d'alarme).

Les exercices d'évacuation dont l'importance est essentiellement compréhensible doivent être consignés sur le registre de sécurité.

#### **III.7-1-Evacuation des personnes à mobilité réduite :**

Les personnes à mobilité réduite doivent être évacuées immédiatement vers un compartiment non sinistré par transfert horizontal ; toutefois, les circonstances du sinistre et les difficultés présentes peuvent entraîner les services de sécurité à retarder cette évacuation. Elle doit s'effectuer sans traverser le volume sinistré. Dans ce cas, les personnes à mobilité réduite sont positionnées dans des espaces d'attente sécurisés. Ce sont des emplacements réalisés de façon à permettre l'accès et le stationnement

d'un fauteuil roulant pour personne à mobilité réduite sans causer une gêne pour l'évacuation des autres occupants.

L'espace d'attente sécurisé est repéré au moyen d'une signalisation adaptée et comporte des consignes appropriées afin d'informer sur la conduite à tenir le cas échéant. Cet espace doit se trouver :

- Soit dans un dispositif d'intercommunication entre une circulation horizontale commune et un escalier.
- Soit à proximité immédiate du dispositif d'intercommunication précité dans des conditions équivalentes ayant fait l'objet d'un avis favorable de la commission de sécurité.

### **III.8-Les moyens de secours dans les IGH :**

#### **III.8-1-Les moyens de secours :**

Les immeubles de grande hauteur doivent disposer de nombreux moyens de secours ; certains d'entre eux d'ailleurs dont l'objet d'une leçon spécifique pour mieux comprendre les enjeux et le rôle capital que jouent ces moyens dans la protection des immeubles.

#### **III.8-2- Le système de sécurité incendie :**

Le système de sécurité incendie est obligatoirement de **catégorie A option IGH**. Comme tous les SSI (service de sécurité incendie), ce dispositif assure, après détection d'un foyer d'incendie soit une fonction évacuation, fonction compartimentage, soit fonction désenfumage.

#### **III.8.3- Les dispositifs d'alerte :**

Dans un IGH, et compte tenu de ses spécificités, l'alerte des secours doit être possible de tout point du bâtiment. La réglementation impose d'une part des moyens internes permettant d'alerter le poste de sécurité de l'immeuble mais aussi la possibilité d'alerter les secours publics extérieurs.

#### **III.8.4- Les extincteurs :**

Des extincteurs portatifs appropriés aux risques, sont installés près des dispositifs d'accès aux escaliers et, le cas échéant, près des dispositifs d'intercommunication entre compartiments.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 15/02/2015

Ils sont également placés à tous les niveaux des immeubles, à proximité des accès aux locaux présentant des dangers particuliers d'incendie.

**III.8-5- Les robinets d'incendie armés :**

Ils sont installés à chaque niveau. Leur nombre est équivalent au nombre d'escaliers, et ils répondent aux caractéristiques spécifiques.

- Positionnés dans les circulations horizontales communes, à proximité et hors des dispositifs d'accès aux escaliers.
- Ne jamais se trouver sur les paliers d'ascenseurs qui peuvent être isolés par des portes coupe-feu au moment du sinistre.
- Disposés de telle façon que toute la surface des locaux puisse être efficacement atteinte par un jet de lance.
- La pression minimale au robinet d'arrêt du robinet d'incendie armé le plus défavorisé est de 4 bars en régime d'écoulement.

**III.8-6- Système d'extinction automatique :**

Un système d'extinction automatique à eau ou appropriée aux risques à défendre doit être installé dans les compartiments lorsque leur dispositif d'intercommunication est constitué d'une simple baie, et dans les locaux présentant un risque particulier d'incendie.

Toutes ces dispositions doivent faire l'objet d'un avis de la commission de sécurité.

**III.8-7- Les colonnes sèches :**

Les immeubles de hauteur inférieure ou égale à 50 mètres sont équipés sur toute leur hauteur de colonnes sèche qui doivent pouvoir être réalimentée à l'instar des établissements recevant du public. Il doit y avoir une colonne sèche de diamètre nominal 100 millimètres par escalier.

**III.8-8- Les colonnes humides :**

Les immeubles d'une hauteur supérieure à 50 mètres sont équipés de colonnes en charge. Elles ne doivent pas être exposées au risque de gel, et sont situées dans chaque escalier. Elles comportent des prises situées dans les dispositifs d'intercommunication à chaque niveau. Leur dispositif d'alimentation (réservoirs en charge, supprimeurs, pompes, etc.)

**III.8-9- Les bouches et poteaux d'incendie :**

La distance les séparant des raccords d'alimentation des colonnes sèches ou des raccords d'alimentation de secours des colonnes en charge ne doit pas excéder 60 mètres.



Des dispositions doivent être prises pour que, sans altérer la qualité coupe-feu des planchers, l'eau déversée dans un étage au moment d'un sinistre n'envahisse pas les escaliers ni les gaines d'ascenseurs et de monte-charge.

### **III.8-10- Poste de sécurité en IGH :**

Tout immeuble de grande hauteur dispose d'un poste central de sécurité incendie (PCS) à usage exclusif des personnels chargés de la sécurité incendie. Il doit être :

- Etre aménagé au niveau et à proximité de l'accès des services publics de secours et de lutte contre l'incendie.
- Présenter une surface d'au moins 50 m<sup>2</sup>, hors base de vie.
- Etre constitué de parois coupe-feu
- Disposer des installations permettant notamment au service de sécurité incendie et d'assistance à personnes d'assurer ses missions de surveillance.
- Contenir tous les équipements minimum imposés dans les ERP :
  - Unité d'aide à l'exploitation.
  - Gestion technique centralisé.
  - Postes émetteurs récepteurs portatifs.
  - Divers documents et matériel administratifs et techniques.

Contenir tous les éléments de commandes techniques liés à la sécurité incendie de l'immeuble (report etc.).<sup>8</sup>



Photo 44 : Poste de sécurité dans un IGH

Source. En ligne : <http://www.cours-ssiap.com/>

<sup>8</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 15/02/2015

### **III.9 - Ascenseurs et monte-charges en IGH :**

#### **III.9.1-Gaines et cabines d'ascenseurs et de monte-charges :**

- Soumis à l'action d'un feu extérieur, les ascenseurs doivent pouvoir continuer à fonctionner pendant une durée d'au moins deux heures.
- La température des parois intérieures de leurs gaines ne doit pas excéder 70 °C au bout de ces deux heures.
- Excepté pour les ascenseurs comportant le dispositif d'appel prioritaire, les cabines d'ascenseurs sont équipées d'un dispositif de commande accompagnée, destiné, une fois actionné, à inhiber le fonctionnement de l'ascenseur vis-à-vis des appels paliers et cabine déjà enregistrés et à permettre une utilisation uniquement à partir du panneau de commande en cabine. Les parois supports de la cabine sont en matériaux de catégorie MD ou A1. Dans tous les cas, les ascenseurs doivent déboucher sur des circulations horizontales communes.<sup>9</sup>

#### **III.9-2-Protection des accès aux ascenseurs et monte-charges :**

La durée coupe-feu de degré deux heures, exigée pour des dispositifs de communication entre les gaines d'ascenseurs et de monte-charges, d'une part, et les circulations horizontales communes, d'autre part, nécessite le non-arrêt des ascenseurs et monte-charges dans le compartiment concerné et peut être obtenue de quatre manières différentes.

#### **III.9-3-Ascenseurs prioritaires pompiers :**

Les pompiers peuvent accéder directement à chaque niveau de chaque compartiment non sinistré au moyen d'au moins deux ascenseurs à dispositif d'appel prioritaire pompiers. L'appel prioritaire s'effectue le plus souvent au moyen d'une clé.

### **III.10-Installation électrique et éclairage :**

Les installations électriques doivent être réalisées conformément aux règlements, arrêtés et normes les concernant.

---

<sup>9</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 18/03/2015

Les canalisations des équipements, dont le maintien en service est indispensable pour assurer la sécurité des personnes en cas de sinistre, ces équipements sont notamment :

- l'éclairage de sécurité.
- les machineries d'ascenseurs et monte charges.
- Les équipements de désenfumage.
- Les pompes de réalimentation en eau et éventuellement d'exhaure.
- Les télécommunications de l'immeuble.
- L'ensemble des canalisations des circuits d'alarme.

Ces installations de sécurité doivent pouvoir être alimentées, par un ou plusieurs sources de courant autonomes, propre à l'immeuble, indépendantes des sources normales, en cas de défaillance de ces dernières.

Les sources de sécurité doivent permettre d'assurer simultanément l'alimentation de toutes les installations raccordées à ces circuits.

### **III.10-1-Alimentation électrique de sécurité :**

Lorsque la source de remplacement comprend plusieurs groupes électrogènes, en cas de défaillance de l'un d'eux, la puissance encore disponible doit rester suffisante pour assurer le démarrage et le fonctionnement de tous les équipements de sécurité.

### **III.10-2-Locaux de service électrique :**

Doivent être identifiés et faciles à atteindre par les services de secours doivent être dotés de moyens d'extinction adaptés aux risques électriques. Les appareils portatifs doivent porter des signes distinctifs

bien visibles indiquant qu'ils sont utilisables pour un feu se produisant en présence de conducteurs ou d'appareils électriques .Ils doivent disposer d'un éclairage de sécurité constitué par un ou des blocs autonomes.

L'isolement de ces locaux peut être réalisé, selon la nature des matériels qu'ils

#### **renferment :**

- Par des parois verticales et plancher haut coupe-feu de degré 2 heures et des dispositifs de franchissement coupe-feu de degré 1 heure sans communication directe avec les locaux ou dégagements accessibles aux occupants (public, résidents, etc.).

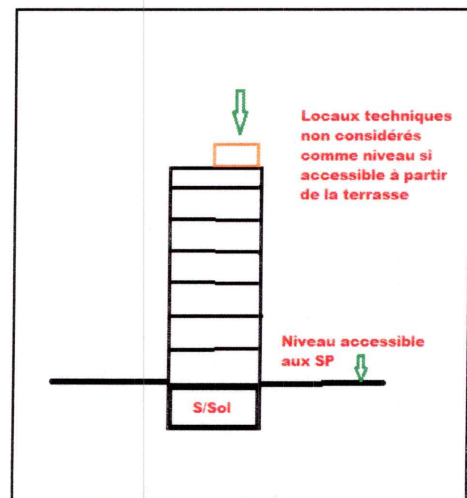


Figure 66 : Situation des locaux technique  
Source en ligne <http://www.formationssiap.net/classement-des-ieg.php>

- Par des parois verticales et plancher haut coupe-feu de degré 1 heure et portes coupe-feu de degré 1/2 heure.
- Sans autres dispositions d'isolement que celles prévues pour les locaux à risques courants ; dans ce cas, le local est dit ordinaire

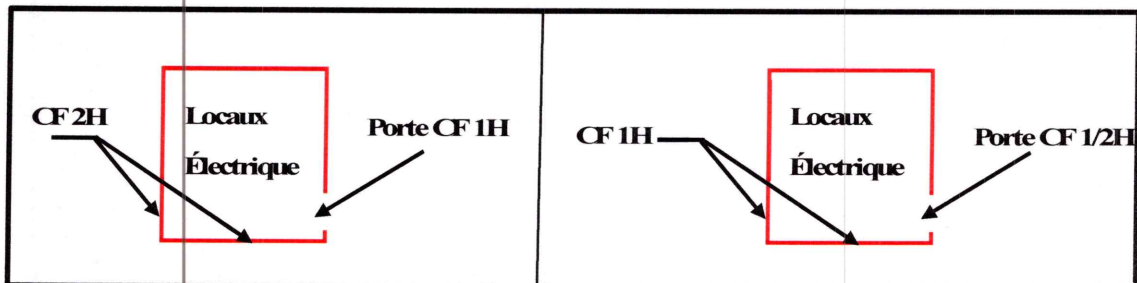


Figure 67 : Isolation locaux technique

Source : ADOUANE Wáhiba et ALLAOUA Kahina. Réglementation ERP et IGH 2007. Page : 47, 48 et 49

### III.10-3-Eclairage :

Les couloirs de circulation, paliers, et cabines d'ascenseurs, escaliers, doivent être pourvus d'un éclairage de sécurité électrique suffisant pour assurer à lui seul une circulation facile, signaler les cheminements vers les issues, notamment les communications entre les compartiments et avec les escaliers et paliers d'ascenseurs, et permettre d'effectuer les manœuvres intéressant la sécurité.

Trois sources d'énergie intéressent le fonctionnement de l'IGH :

- **1-Normal** : utilisée en exploitation courante et alimentée par la ou les sources normales.
- **2-Remplacement** : constituée de tout ou partie des installations normales, s'il est envisagé de poursuivre l'exploitation.
- **3-Sécurité** : dont le maintien en service est indispensable pour assurer la sécurité des personnes en cas de sinistre ou défaillance des sources normales pour certaines classes d'immeubles.<sup>10</sup>

### III.11- Gains et conduits dans les IGH :

#### III.11-1- Différents types de gains :

Dans un IGH, comme dans toute construction, on distingue plusieurs types de gains :

- Les gains d'ascenseurs, de monte-charges ou de monte-plats.
- Les gains des cages d'escaliers.
- Les gains techniques.

De nombreux conduits assurent également le fonctionnement technique du bâtiment sont :

<sup>10</sup>Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 24/03/2015

La Ventilation ; le Chauffage ; les Conduites d'eau en charge ou d'eaux usées ; Conduits de descentes de linges ; Conduites de gaz ; Conduits d'évacuation des produits de combustion et les conduits de monte-courriers.

Il est à noter que l'installation de conduits vide-ordures est interdit dans un IGH.

### **III.11-2-Différence entre un conduit et une gaine :**

Le règlement de sécurité donne une définition assez précise de tous ces éléments.

#### ✓ **Un conduit :**

Est un volume fermé servant au passage d'un fluide déterminé.

#### ✓ **Une gaine :**

Est un volume également fermé, généralement accessible, et renfermant un ou plusieurs conduits.

Les gaines peuvent être d'allure :

Verticales (recoupées ou non recoupées) ; Ou Horizontales.

Tous ces dispositifs de par leurs fonctions, constituent un cheminement privilégié pour l'incendie et surtout pour les fumées, ils seront équipés selon le cas, des dispositifs suivants :

- Des volets : un dispositif d'obturation destiné au désenfumage.
- Des clapets : est un dispositif d'obturation destiné au compartimentage.
- Des trappes : est un dispositif d'accès, fermé en position normale.

#### ✓ **Des coffrages :**

Est un habillage réalisé en matériau classé M3, utilisé pour dissimuler un ou plusieurs conduits.

### **III.111-3-Critères de résistance au feu :**

#### **Gaines d'ascenseurs, de monte-charges et de monte-plats :**

- Parois en matériaux classés A1 et coupe-feu de degré 2 heures (REI 120)
- Ne comportent que des dispositifs de communication, des trappes ou des portes de visite coupe-feu de degré deux heures ou EI 120 maintenus verrouillés

#### **Cages d'escalier :**

- Parois en matériaux A2-s1, d0 et coupe-feu de degré 2 heures (EI 120)

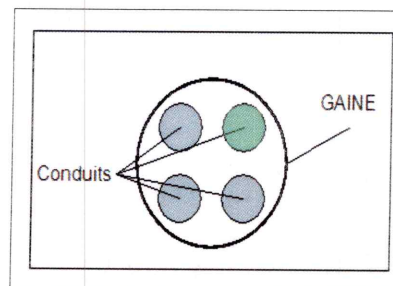


Figure 68 : Gaine et conduits

Source en ligne : <http://www.formationssiap.net/gaines-et-conduits-igh.php>

- Ne comportent que des dispositifs de communication, des trappes ou des portes de visite coupe-feu de degré deux heures ou EI 120 maintenus verrouillés

### **III.11-4 Mesures préventives :**

#### ✓ **Localisation :**

Les gaines techniques ou conduits ne peuvent se trouver ou s'ouvrir dans les cages d'escalier et leurs dispositifs d'accès, les paliers d'ascenseur lorsque ceux-ci sont protégés (sauf pour les colonnes sèches ou en charge et aux canalisations des systèmes d'extinction automatique)

#### ✓ **Désenfumage et sprinklage :**

Ces gaines, à l'exception des gaines d'ascenseur et de monte-charge, sont désenfumées automatiquement et protégées tous les cinq niveaux par une installation fixe d'extinction automatique de type sprinkler<sup>11</sup>.

#### ✓ **Détection automatique d'incendie :**

Les gaines de monte-courrier ou de transport mécanisé de documents ou d'autres objets sont équipées, dans leur partie verticale, de détecteurs automatiques d'incendie disposés au moins tous les trois niveaux.

#### ✓ **Gaines technique verticales recoupées :**

Toutes les gaines techniques verticales recoupées sont quant à elles, coupe-feu de degré deux heures (ou EI 120). Le recouplement doit être réalisé au droit de chaque plancher par des séparations coupe-feu de degré deux heures (ou EI 120) ne laissant aucun vide entre les conduits.

#### ✓ **Trappes et portes de visite :**

Les trappes et portes de visite de ces gaines sont coupe-feu de degré une demi-heure (ou EI 30) et maintenues verrouillées. Leur surface par gaine et par niveau est limitée à 0,80 m<sup>2</sup> pour les gaines contenant les conduits aérauliques de chauffage ou de ventilation et à 1,40 m<sup>2</sup> pour les gaines contenant les conduits d'évacuation ou d'alimentation en eau, des câbles, canalisations ou tableaux électriques. Au-delà de ces surfaces, les trappes ou portes de visite sont coupe-feu de degré une heure ou EI 60. Les portes et trappes de visite des gaines d'allure horizontale sont d'un degré coupe-feu égal à la moitié de celui de la gaine.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Système d'arrosage relatif par aspersion

<sup>12</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le: 18/02/2015

### III.12-Résistance au vent :

Dans les immeubles à grand nombre d'étages, des dispositions particulières doivent être prises pour assurer une résistance suffisante aux forces horizontales exercées par le vent. Les parois de ce noyau assurent la transmission d'une partie des charges verticales et, à elles seules, la résistance aux forces horizontales, notamment aux actions du vent. Les éléments verticaux de la structure, tout autour du noyau, n'ont en principe à supporter que des charges verticales. Dans certains cas, le noyau de stabilité a été réalisé en béton armé, alors que les parties périphériques comportaient une ossature – poutres et poteaux – en métal. Les efforts exercés par le vent sont retransmis au noyau par l'intermédiaire d'éléments horizontaux positionnés dans le plancher des étages.

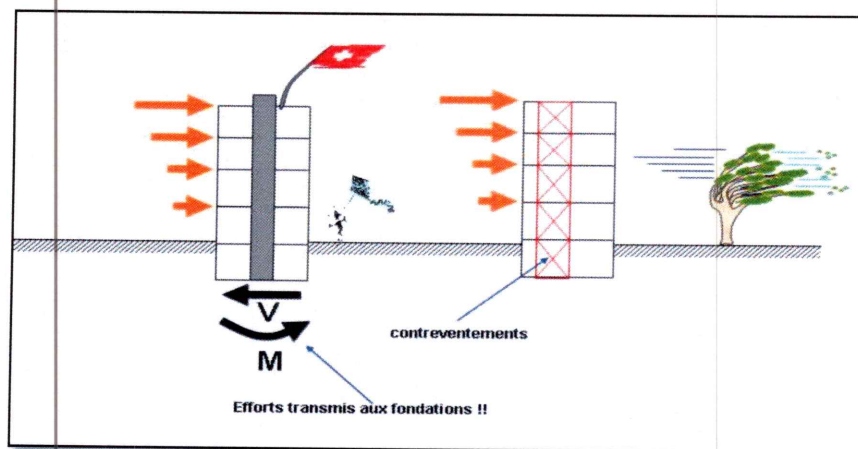


Figure 69 : Les efforts transmis par le vent

Source En ligne :

<http://www.gramme.be/unite/pmwiki/pmwiki.php?n=BETON0607.AnalyseDesElementsDeSecurite>

Une structure d'acier à plus de 500 mètre risque de se courber quand le vent vient frapper la surface exposée et ferait ainsi vaciller l'immeuble. L'idée pour maintenir les gratte-ciels est de mettre la structure métallique intérieure à l'extérieur, appelé exosquelette, elle fait moins tanguer la tour. Mais à plus de 750 mètre (vu sur le Burj Khalifa Al Arab), l'exosquelette est moins efficace, on doit alors recourir au meilleur plan d'aérodynamisme<sup>13</sup>. En effet, quand le vent frappe d'un côté, des vortex<sup>14</sup> se forment de l'autre et vacillent l'ensemble. L'idée résolue sur le Burj Khalifa est de créer une structure dites "aléatoire" pour tromper le vent qui créera des vortex qui se formeront n'importe où et seront donc moins puissants.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> Pour vaincre la résistance de l'air.

<sup>14</sup> Tourbillon creux que l'on peut observer

<sup>15</sup> Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 18/02/2015

### III.13-Résistance parasismique :

Un tremblement de terre ou séisme est un phénomène de libération soudaine d'énergie provoquant la libération d'ondes sismiques. Cette libération se propage dans toutes les directions produisant une secousse du terrain. Tout d'abord, comme les fondations des bâtiments se trouvent dans le sol, lorsqu'il y a un séisme les parties de construction souterraines sont entraînées dans le mouvement. Les parties de constructions qui sont en élévation ne suivent pas directement le mouvement à cause de l'inertie, « l'inertie est le fait que les parties présentes en élévation ne suivent pas instantanément le mouvement et il s'ensuit une déformation de la structure. Ces déformations dépendent aussi des forces de cohésion interne, dont l'élasticité des matériaux constituant la construction.

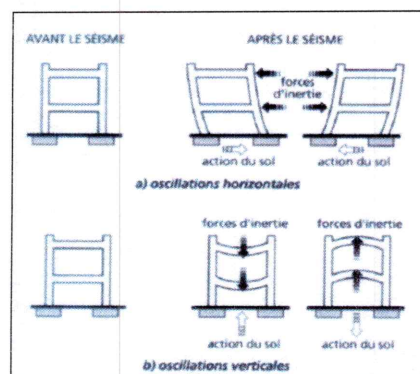


Figure 70 : Oscillation verticale et horizontale d'un bâtiment

Source En ligne :

<https://sites.google.com/site/lafoiledesgrandeursp/contraintes-et-solutions>

Finalement, le gratte-ciel devra résister au phénomène de résonance. La résonance dépend principalement de la hauteur du bâtiment, plus ce dernier est haut plus sa période de résonance sera longue. Mais elle est aussi liée à la disposition des masses dans la construction, plus la masse est élevée dans les étages supérieurs plus la période de résonance sera grande.

**Tenir face au séisme :** Comme vu précédemment, les gratte-ciel les plus hauts sont construits à l'aide de barre d'acier qui peut se tordre et bouger sans se rompre immédiatement. Ceci est primordial dans les zones à risques sismiques. Dans les fondations il existe des isolations qui filtrent les oscillations sismiques : les appuis. Ces derniers se trouvent entre les fondations et les superstructures. Ils possèdent une rigidité moins importante que celle de la construction. Grâce à ce système, la période propre du bâtiment augmente, la vitesse d'oscillation quant à elle diminue.

#### ➤ Conclusion :

Après les différentes recherches on a pu déterminer les différentes consignes à prendre en considération dans la réalisation de notre projet. À travers les principes de sécurité qu'on a essayés de préciser, pour pouvoir déminer au maximum les dégâts infectés par les catastrophes.

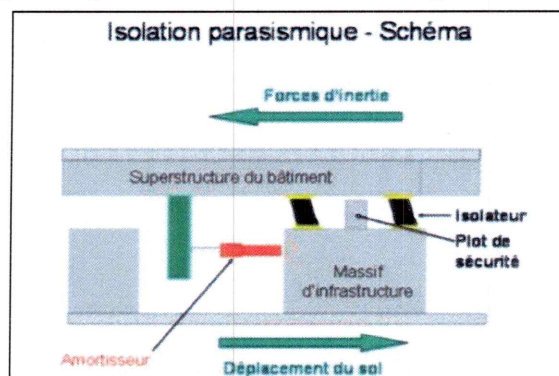


Figure 70 : isolation parasismique Source en ligne :

<https://sites.google.com/site/lafoiledesgrandeursp/contraintes-et-solutions>



---

# Conclusion Générale


### **III. Conclusion générale :**

Après de nombreuses recherches dans les nombreux domaines touchants aux gratte-ciel, nous avons finalement défini notre problématique : « les immeubles de grande hauteur peuvent-ils être une solution pour la densité humaine ? ».

Au niveau démographique la population ne fait que croître, cela impose de continuer à aménager les territoires. Les pays émergents, ayant l'ambition de démontrer leur capacité économique et technique, vont eux aussi à leur tour construire des gratte-ciel et essayer de battre des records. Certes les grattes ciels sont une solution à l'explosion démographique et au prix de terrains qui ne cessent d'augmenter mais du point de vue conceptuel les IGH nécessitent un engagement financier et technologique pour faire face aux différents phénomènes naturels et physiques.

Du côté structurel, nous avons pu constater d'après nos recherches que la structure la plus adéquate pour un immeuble de grande hauteur diffère selon la fonction et la hauteur de celui-ci. Exemple de la tour en tube est un succès, c'est elle qui a permis de construire à ce jour les plus hauts gratte-ciel du monde. Les ingénieurs essaient constamment de progresser pour lutter contre les forces physiques ; pour cela ils mettent au point de nouveaux matériaux plus performants et étudient de possibles renforcements structurels.

Pour finir, nous avons constaté que les contraintes sont multiples et les solutions pas toujours évidentes. Les immeuble de grande hauteur à usage mixte peuvent être la solution la plus rentable pour répondre aux exigences des habitants de la ville de Jijel, il ne nécessite pas d'être en pleine centre-ville car cette tour regroupe des multiples fonctions, permet à l'occupant de travailler, habiter et de se détendre sans quitté l'immeuble. C'est la notion de ville verticale !



---

# Bibliographie

### III. Bibliographie :

#### ➤ Livre :

-Anonyme. Septembre 2011. IGH et courants architecturaux. Amprincipe, Paris. 121 pages.  
Le : 08/03/2015. <http://www.infociments.fr/publications/batiment/collection-technique-cimbeton/ct-b97> .

-Pélegrin-Genel.E. Novembre 2007. 25 Tours de Bureaux. Groupe Moniteur : Département d'Architecture France. 158 pages. Le : 23/05/2015. <http://boutique.lemoniteur.fr/25-tours-de-bureaux.html> .

-Anonyme. Septembre 2011. Résumés des actes du colloque du 17 novembre 2010 à Paris. Amprincipe, Paris. 57 pages. Le : 08/03/2015.

<http://www.infociments.fr/publications/batiment/collection-technique-cimbeton/ct-b97> .

-PORS. M. 2010. Une tour logique. Sous la direction de Sylvie Groueff et Emmanuel Nebout8. <http://www.mikaelpors.com/index.php?/ecrits/memoire/> Le : 12/04/2015.

-MOREAU.A. 2005. PENSE Bête : Réglementation ERP et IGH  
<http://fr.scribd.com/doc/262892634/PENSE-20B-C3-AAtte-20ERP-20IGH#scribd> Le : 03/02/2015.

-Castex. Rouyer.R.2003.Les tours à Paris, bilan et perspectives. L'École d'architecture de Versailles. <http://www.apur.org/sites/default/files/documents/134.pdf>. Le : 14/04/2015.

#### ➤ Thèses et mémoires :

-RAMMER. Y, (2012) Méthode d'analyse des risques majeurs liés aux immeubles de grande hauteur sur leur environnement immédiat, Thèse de doctorat, École polytechnique de Bruxelles, [http://theses.ulb.ac.be/ETD-db/collection/available/ULBtd-03192013-210837/unrestricted/ULB\\_THESE\\_Yves\\_DeChamps.pdf](http://theses.ulb.ac.be/ETD-db/collection/available/ULBtd-03192013-210837/unrestricted/ULB_THESE_Yves_DeChamps.pdf) le : 05/04/2015.

-Mr. SAFRI Saïd. (2008) Renouvellement urbain d'un centre ancien en déclin: CAS DU CENTRE-VILLE DE JIJEL, Thèse de MAGISTERE, MC Université Mentouri Constantine, [Gpdf/Memoire\\_SAFIR\\_Magistere\\_Architecture\\_2011-2.pdf](Gpdf/Memoire_SAFIR_Magistere_Architecture_2011-2.pdf).le 11/11/2014.

-C. Saint-Pierre, V. Becue. Y. Diab. J. Teller. 31 mai 2013. Une méthode d'implantation de tours pour favoriser leur insertion dans le tissu urbain.  
<http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/171222/2/Poster%20AUGC%202013%20-%20CSP.pdf>  
Le : 14/04/2015.

-Rossignol. C, Kebir. L, Becue. V, Diab. Y. 2013. Tours multifonctionnelles, « ville verticale » et urbanité : enjeux et perspectives d'une articulation public/privé renouvelée. [http://villesenvironnement.fr/fr/papiers/download/rossignol\\_kebir\\_becue\\_diab.pdf](http://villesenvironnement.fr/fr/papiers/download/rossignol_kebir_becue_diab.pdf) le : 12/04/2015.

-GAUMEAUX.G RECYCLAGE SSIAP. 2005.

[http://ipz.free.fr/SSIAP/Documentation/recyclage\\_SSIAP1.pdf](http://ipz.free.fr/SSIAP/Documentation/recyclage_SSIAP1.pdf) Le : 08/04/2015.

-Lopez. L. 2010. Dimensionnement d'un gratte-ciel et étude des possibilités de raidissement d'une construction en hauteur. Thèse de Master.

[http://www.ingware.ch/files/annexes\\_lopez.pdf](http://www.ingware.ch/files/annexes_lopez.pdf) Le : 11/11/2014

-Fabien MARCHESI. (2006-2007) ingénierie du Bâtiment : la gestion de projet à l'export.

thèse de Master 2. Université de Mame- la-Vallée. <http://www2.univ>

[mlv.fr/mastergu/Docs\\_IMO/Memimo\\_0607/marchesi.pdf](mlv.fr/mastergu/Docs_IMO/Memimo_0607/marchesi.pdf) . Le : 12/11/2014.

### ➤ Site internet :

-Ouldhocine.O. 2011. Les spécificités des Tours.

<http://omarouldhocine.free.fr/Technicite.html>. Consulté le : 15/02/2015.

-Anonyme.2013.FORMATIONSSIAP.NET.<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 15/02/2015.

-LOUVIER et Cédric MATHIEU de VIENNE. TPE : Les gratte-ciels face aux séismes.

[http://sitewebcedric.free.fr/gratteciel/gratte\\_ciels.html](http://sitewebcedric.free.fr/gratteciel/gratte_ciels.html). Consulté le : 01/03/2015.

- Valentine.L. 11/05/2014. Cours théorique de sécurité incendie SSIAP. <http://www.cours-ssiap.com/> . Consulté le : 01/03/2015.

Barkauskas.F. Kauhsen.B. Polonyi.S. Brandt.J. 2001. Mise à jour 2006.les béton pour les

tours.[https://books.google.dz/books?id=fFHQzRhCDL0C&pg=PA138&djv=PA138&dq=les+](https://books.google.dz/books?id=fFHQzRhCDL0C&pg=PA138&djv=PA138&dq=les+b%C3%A9ton+pour+les+tours&source=bl&ots=PYulqg5NN5&sig=pilyfVqIhrEoPGc0KGE)

<b%C3%A9ton+pour+les+tours&source=bl&ots=PYulqg5NN5&sig=pilyfVqIhrEoPGc0KGE>

<Uvx0VeDg&hl=fr&sa=X&ei=4K4lVaHfA8OcsAGVmk4CwBQ&ved=0CE4Q6AEwCA#v=onepage&q=les%20b%C3%A9ton%20pour%20les%20tours&f=false>. Consulté le : 12/05/2015.

<http://www.formationssiap.net/classement-des-igh.php>. Consulté le : 12/05/2015.

-Guérin.T, Jourdan.A et Lefrançois.J. 26/03/2011. L'architecture les énergies.

[http://tpe.sadapteralaterre.free.fr/TPE\\_Accueil/Sommaire.html](http://tpe.sadapteralaterre.free.fr/TPE_Accueil/Sommaire.html). Consulté le : 01/03/2015.

-Conception & réalisation ELIT. Spa Société du groupe SONELGAZ. 2015. Protection civil.

<http://www.protectioncivile.dz/?controller=listing&action=contenu&idr=29>. Consulté le : 08/03/2015.

- Augustin. T, Foulquier.P, et Aurélien .P.2014.La résistance des gratte-ciel aux phénomènes

géologique et physique. [www.gratte-ciels.e-monsite.com](http://www.gratte-ciels.e-monsite.com) Consulté le : 09/03/2015.

## Bibliographie

---

-France-selection.site sécurité. <http://www.sitesecurite.com/portail/index.asp> .Consulté le : 21/04/2015.

-Marion Urban. publié le 26/06/2007.

[http://www1.rfi.fr/sciencefr/articles/090/article\\_53329.asp](http://www1.rfi.fr/sciencefr/articles/090/article_53329.asp) . Consulté le : 25/04/2015.

- ESTABLISHED MCMXCVII. The SkyscraperPage. <http://skyscraperpage.com/> . Consulté le : 28/04/2015.

-ESDEP GROUPE DE TRAVAIL 1B. Introduction à la conception des bâtiments à étages.

<http://www.systemx.fr/meca/cm/ESDEP/Volume%2001/Groupe%201B/Lecon%2007/Francais/LIB-7-2.pdf>

-Saraoui selmasaraoui selma rahmani.les gratte-ciel.

<http://fr.slideshare.net/Saamysaami/grattes-ciel> consulté : 06/06/2015

### ➤ Les normes :

-Raphaël. S. Conseil Général Des Ponts Et Chaussées. Décembre 2002. Réflexion sur la sécurité des immeubles de grande hauteur (IGH) suite aux attentats du world Trade Centre. N° 2002-0075-01. <http://www.previ.be/pdf/WTC.pdf> . Le : 11/11/2014.

-Che MEBAREK AISSA BENALI. ECOLE NATIONALE DE LA PROTECTION CIVILE 2005. la prévention (Un devoir de prévention pour un droit à la sécurité). URL. Le : 07/02/2015.

-ESDEP .GROUPE DE TRAVAIL 1B.APK. 1992. CONSTRUCTION METALLIQUE: INTRODUCTION A LA CONCEPTION Leçon 1B.7.2 : Introduction à la conception des bâtiments à étages - 2ème partie. 20 pages. Fichier : LIB-7-2.doc. URL. Le : 23/05/2015.

-Clarisse Didelon. Equipe CIRTAI.2005. Une course vers le ciel. Mondialisation et diffusion spatio- temporelle des grattes- ciel. URM6228 IDEES. Université du Havre.

<http://mappemonde.mgm.fr/num27/articles/art10301.html> . Le : 08/11/2014.

### ➤ Site web :

-<http://fr.wikipedia.org/wiki/>

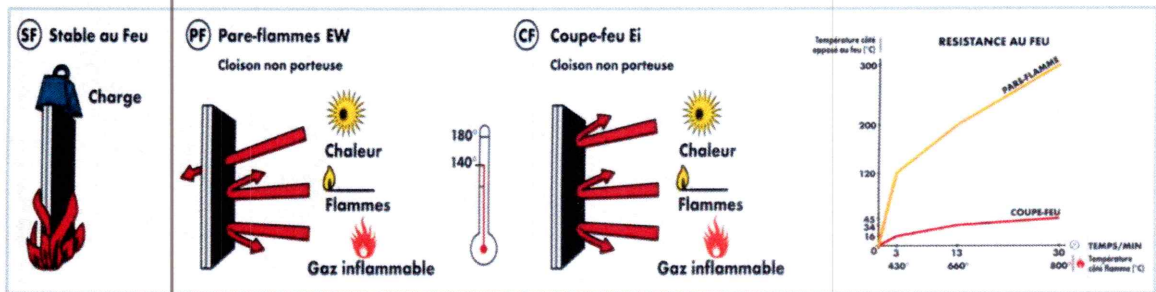
-<http://www.cours-ssiap.com/>

-<https://sites.google.com/site/lafoliedesgrandeursph/contraintes-et-solutions>



---

# Annexes



CLASSEMENT AU FEU NF			
	COMBUSTIBILITE	INFLAMMABILITE	EXEMPLES
M0	Ininflammable		pierre, brique, ciment, tuiles, plomb, acier, ardoise, céramique, plâtre, béton, verre, laine de roche
M1	Combustible	non inflammables	matériaux composites, PVC, dalles minérales de faux-plafonds, polyester, coton, bois Ignifugé Woodenha
M2	Combustible	Difficilement inflammable	moquette murale, panneau de particules
M3	Combustible	Moyennement inflammable	bois (y-compris lamellé collé), revêtement sol caoutchouc, moquette polyamide, laine
M4	Combustible	Facilement inflammable	papier, polypropylène, tapis fibres mélangées
NC	Non classé	Non classé	

Fire resistance performance classes	Duration in minutes
EI 000	$0 \leq EI\ 000 < 30$
EI 030	$30 \leq EI\ 030 < 60$
EI 060	$60 \leq EI\ 060 < 90$
EI 090	$90 \leq EI\ 090 < 120$
EI 120	$120 \leq EI\ 120$



# questionnaire

I)- Fonctionnaire libérales :

\*Obligatoire

1. Rue \*

2. Type de propriétaire ? \*

- Propriétaire.
- Locataire.
- Héritiers.
- Colocataire
- autres

3. Depuis quand êtes-vous installez ici : \*

- 0 à 5 ans
- 5 à 10 ans
- plus de 10 ans

4. Combien vous-êtes dans ce bureau ? \*

- 1 à 3 personnes
- 4 à 6 personnes
- plus de 6 personnes

5. Est-ce que la surface de vos bureau il est suffisante ? \*

- Oui
- Non

6. Est-ce que vous préférez gardez l'emplacement, la situation actuel ? \*

- Oui
- Non

7. Pourquoi ? \*

**8. Désirez-vous travailler dans un lieu bien placé ? \***

- Oui  
 Non

**9. Pourquoi ? \***

**10. Que pensez-vous de la qualité, spatiale et commerciale de vos bureaux ? \***

- Faible  
 Moyenne  
 Excellente

**11. Souhaiter vous l'améliorer ? \***

- Oui  
 Non

**12. Est-ce que vous préférez d'être dans un bâtiment qui regroupe plusieurs fonctions ? \***

- Oui  
 Non

**13. Pourquoi ? \***

**14. Quel étage préférez vous ?**

- En bas  
 Au milieu

Au sommet

**Pourquoi ? \***

**II)- Les habitants : \***

1. Rue ?

2. N° d' appartement ? \*

3. Quel étage ? \*

4. Nombres des pièces ? \*

F 2

F 3

F 4

5. Situation familiale ? \*

seul

en famille.

6. Est-ce que vous êtes ? \*

Propriétaire

Locataire

Colocataire

Héritier

Autres

7. Nombres des personnes qu'occupent la maison ? \*

1 à 3 personnes

- 4 à 6 personnes
- plus que 6 personnes

**8. Est-ce que les appartements sont confortables du point de vue aération et l'ensoleillement ? \***

- Oui
- Non

**9. La hauteur ne vous dérange pas ? \***

- Oui
- Non

**10. Préférez-vous changer d'appartement si la hauteur vous dérange ? \***

- Oui
- Non

**11. Dans quel étage souhaitez-vous habiter dans le cas de changement ?**

- En bas
- Au milieu
- Au sommet

**12. Pourquoi ? \***

**13. Est ce qu'il y'a un problème d'ascenseur ? \***

- Oui
- Non

**14. Qui entretient cette construction ? \***

- L'état
- Promoteur
- Propriétaire.

**15. Cette opération d'entretien est ? \***

- Fréquentes
- Occasionnelle

16. Est-ce que vous contribuez dans ces opérations ? \*

- Oui  
 Non

17. Combien ? \*

18. Est-ce il y a d'autre fonctions dans le batiments ? \*

- Oui  
 Non

19. Est-ce que ce quartier est bien entourée pas les équipements scolaires, publiques, loisirs... ? \*

- Oui  
 Non

20. Accepterais-vous d'habiter dans un immeuble de grande hauteur regroupant toute les fonctionnalités manquantes ? \*

- Oui  
 Non

21. Pourquoi ? \*

III. Commerce : \*

1. Rue :

2. Quel type de commerce : \*

**3. Depuis quand êtes-vous installés ici ? \***

- 0 à 5 ans  
 5 à 10 ans  
 plus de 10 ans

**4. Est-ce que vous êtes ? \***

- Propriétaire  
 Locataire  
 Colocataire  
 Héritier  
 Autres

**5. Que pensez-vous de la surface de votre locale ? \***

- Suffisante  
 Insuffisante

**6. Que pensez-vous de la rentabilité de votre commerce ? \***

- Mauvaise  
 Moyenne  
 Excellente

**7. Si jamais on vous propose un espace d'exercice ailleurs, voulez-vous vous déplacer ? \***

- Oui  
 Non

**9. Pourquoi ? \***

**10. souhaitez-vous travailler dans une surface avec pignon sur rue ou dans une galerie intérieure ? \***

- Rue
- Galerie intérieure

11. Pourquoi \*

Envoyer

*N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.*

Fourni par

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.  
Signaler un cas d'utilisation abusive - Conditions d'utilisation - Clauses additionnelles

# 5 réponses

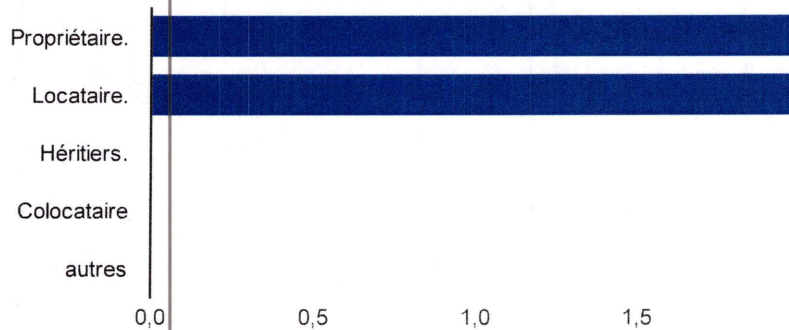
[Afficher toutes les réponses](#)
[Publier les données analytiques](#)

## Résumé

### 1. Rue

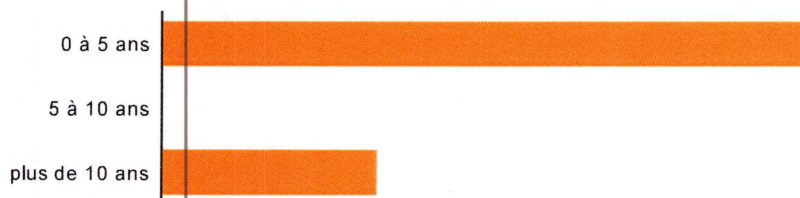
seddik arid  
arid seddik  
Bouchair  
oui  
cité administratif

### 2. Type de propriétaire ?



Propriétaire.	2	50 %
Locataire.	2	50 %
Héritiers.	0	0 %
Colocataire	0	0 %
autres	0	0 %

### 3. Depuis quand êtes-vous installez ici :

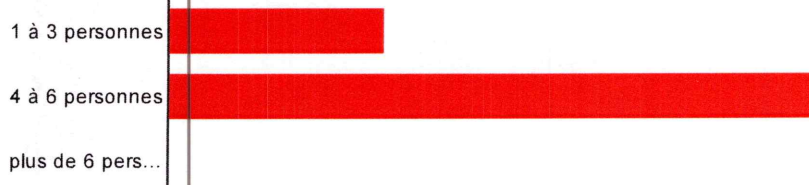


0 à 5 ans **3** 75 %



5 à 10 ans	0	0 %
plus de 10 ans	1	25 %

#### 4. Combien vous-êtes dans ce bureau ?



1 à 3 personnes	1	25 %
4 à 6 personnes	3	75 %
plus de 6 personnes	0	0 %

#### 5. Est-ce que la surface de vos bureau il est suffisante ?



Oui	3	75 %
Non	1	25 %

#### 6. Est-ce que vous préférez gardez l'emplacement, la situation actuel ?



Oui	4	100 %
Non	0	0 %

#### 7. Pourquoi ?

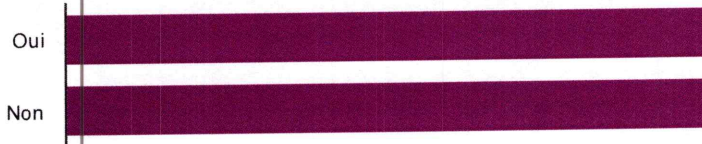
bon endroit et bon environnement

bon situation

parce que il est loin

pour des raisons de stationnement et parking

### 8. Désirez-vous travailler dans un lieu bien placé ?

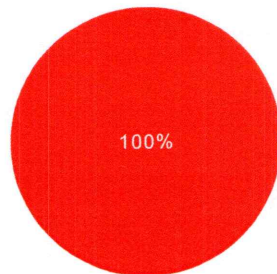


Oui **2** 50 %  
Non **2** 50 %

### 9. Pourquoi ?

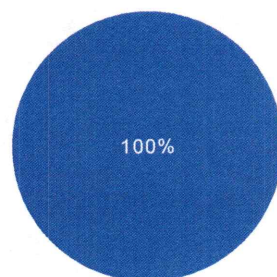
pour des raisons de commerce  
bon situation  
raison d'emplacement  
pour avoir un bon emplacement

### 10. Que pensez-vous de la qualité, spatiale et commerciale de vos bureaux ?



Faible **0** 0 %  
Moyenne **4** 100 %  
Excellente **0** 0 %

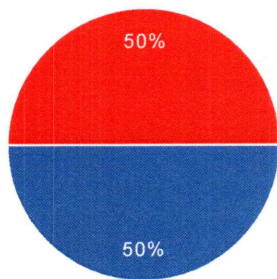
### 11. Souhaitez-vous l'améliorer ?



Oui **4** 100 %  
Non **0** 0 %

### 12. Est-ce que vous préférez d'être dans un bâtiment qui regroupe plusieurs fonctions ?

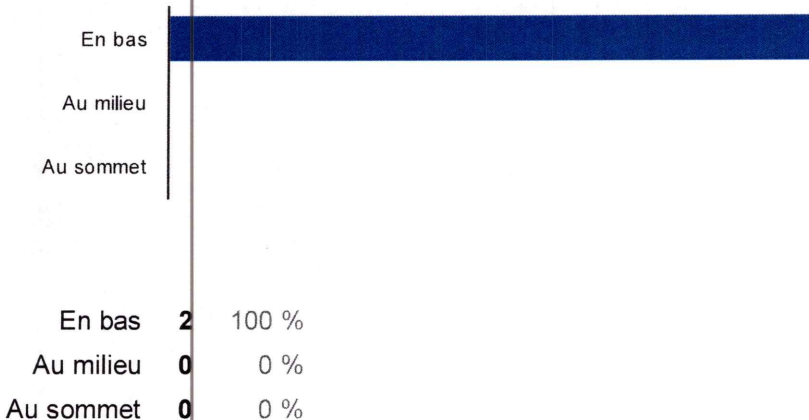
Oui 2 50 %  
Non 2 50 %



### 13. Pourquoi ?

- pour des raisons de commerce et rentabilité
- pour des raisons d'intimité et le calme
- pour des raisons d'intimités
- pour avoir un nombre important de clientèle

### 14. Quel étage préférer vous ?



### Pourquoi ?

- pour attirer la clientèle
- ru
- raison de confort
- pour être alaise
- pour des raisons d'intimités

### II)- Les habitants:

- rue des frères assous
- Oui
- cité assous

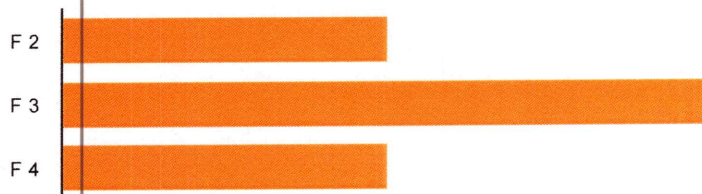
### 2. N° d' appartement ?

35  
1  
8  
17

### 3. Quel étage ?

huitième étage  
quatrième étage  
cinquième étage  
rez de chausser

### 4. Nombres des pièces ?



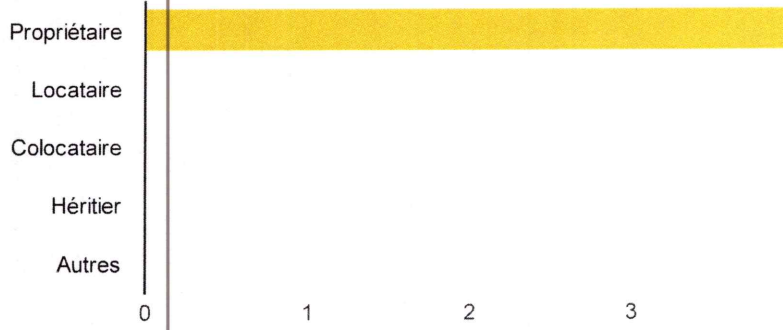
F 2	1	25 %
F 3	2	50 %
F 4	1	25 %

### 5. Situation familiale ?

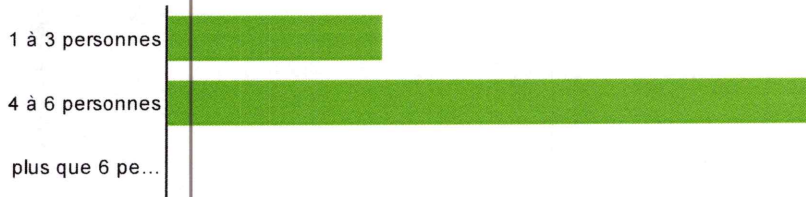


seul	0	0 %
en famille.	4	100 %

### 6. Est-ce que vous êtes ?



**7. Nombres des personnes qu'occupent la maison ?**



1 à 3 personnes	1	25 %
4 à 6 personnes	3	75 %
plus que 6 personnes	0	0 %

**8. Est-ce que les appartements sont confortables du point de vue aération et l'ensoleillement ?**



Oui	3	75 %
Non	1	25 %

**9. La hauteur ne vous dérange pas ?**



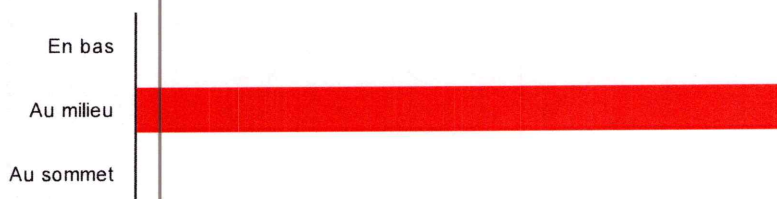
Oui	3	60 %
Non	2	40 %

### 10. Préférez-vous changer d'appartement si la hauteur vous dérange ?



Oui 1 20 %  
Non 4 80 %

### 11. Dans quel étage souhaitez-vous habiter dans le cas de changement ?



En bas 0 0 %  
Au milieu 3 75 %  
Au sommet 0 0 %

### 12. Pourquoi ?

pour des raisons de confort

bon emplacement

-ut-

pour avoir un logement mieux et plus grand

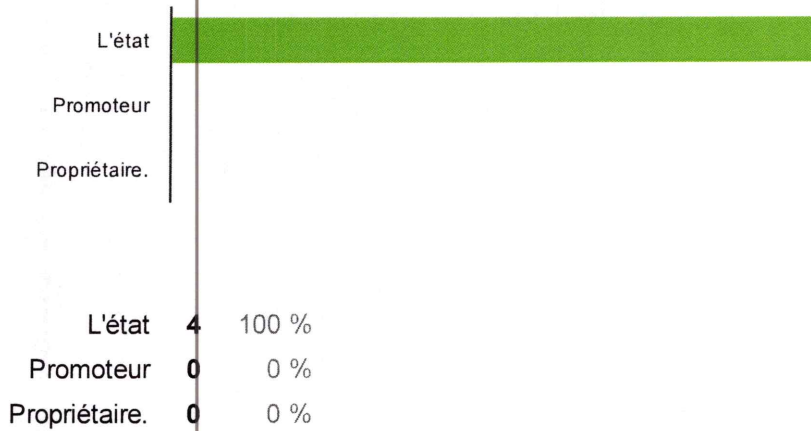
pour avoir un logement plus grand de point de vue surface

### 13. Est ce qu'il y'a un problème d'ascenseur ?

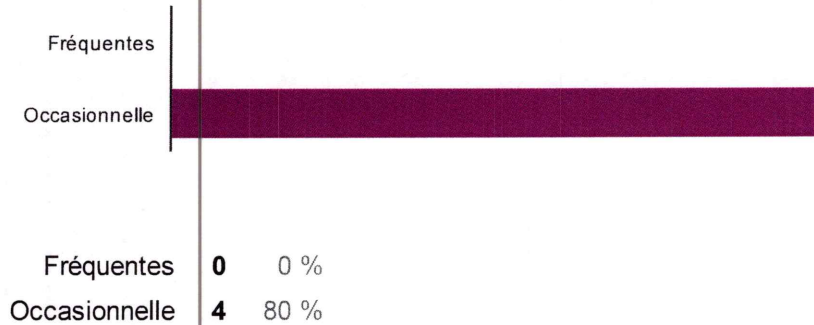


Oui 5 100 %  
Non 0 0 %

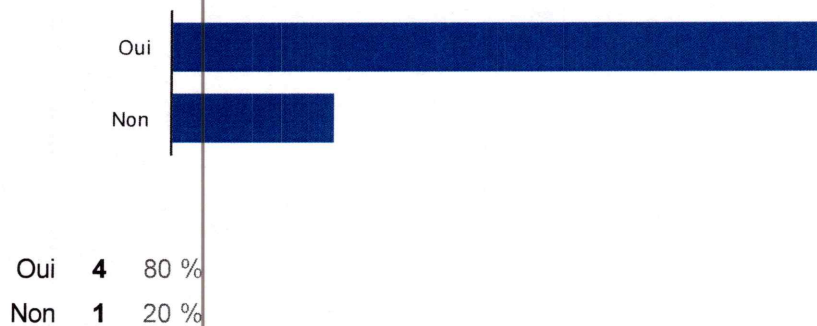
**14. Oui entretient cette construction ?**



**15. Cette opération d'entretien est ?**



**16. Est-ce que vous contribuez dans ces opérations ?**



**17. Combien ?**

- 600 da
- 600da chaque mois
- Non

**18. Est-ce il y a d'autre fonctions dans le batiments ?**



Non **4** 100 %

**19. Est-ce que ce quartier est bien entourée pas les équipements scolaires, publiques, loisirs... ?**



Oui **4** 100 %

Non **0** 0 %

**20. Accepterais-vous d'habiter dans un immeuble de grande hauteur regroupant toute les fonctionnalités manquantes ?**



Oui **4** 100 %

Non **0** 0 %

**21. Pourquoi ?**

- pour avoir un logement mieux et plus grand et confortable
- pour avoir des logements mieux et plus grandes
- pour avoir un espace mieux confort
- pour avoir un espace plus grand

**III. Commerce :**

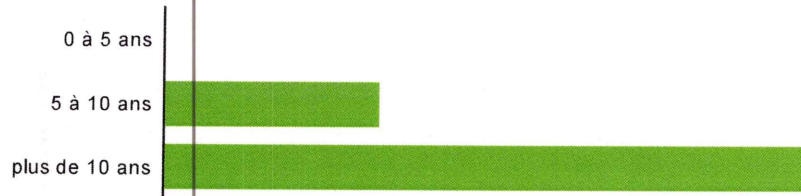
- cité 72 logements
- 72 logements
- fida younes
- cité Ayouf



## 2. Quel type de commerce :

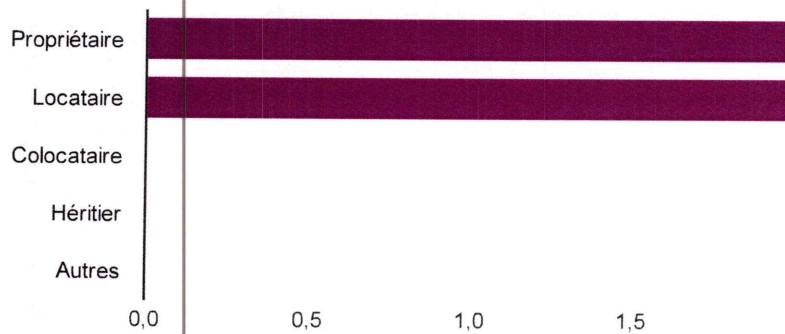
- alimentations
- LIBRAIRIE
- pharmacie
- super marché

## 3. Depuis quand êtes-vous installés ici ?



0 à 5 ans	<b>0</b>	0 %
5 à 10 ans	<b>1</b>	25 %
plus de 10 ans	<b>3</b>	75 %

## 4. Est-ce que vous êtes ?



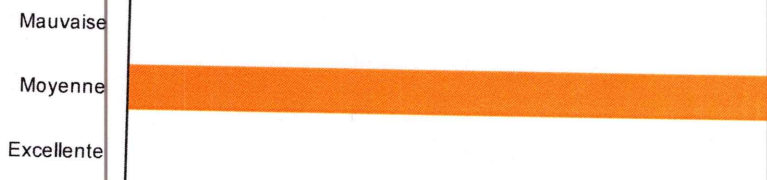
Propriétaire	<b>2</b>	50 %
Locataire	<b>2</b>	50 %
Colocataire	<b>0</b>	0 %
Héritier	<b>0</b>	0 %
Autres	<b>0</b>	0 %

## 5. Que pensez-vous de la surface de votre locale ?



Suffisante 2 50 %  
 Insuffisante 2 50 %

**6. Que pensez-vous de la rentabilité de votre commerce ?**



Mauvaise 0 0 %  
 Moyenne 4 100 %  
 Excellente 0 0 %

**7. Si jamais on vous propose un espace d'exercice ailleurs, voulez-vous vous déplacer ?**



Oui 2 50 %  
 Non 2 50 %

**9. Pourquoi ?**

- pour avoir un espaces plus grand
- l'absence des espaces de stationnement
- le nombre de population limités donc raison de rentabilité
- Une bonne situation en plein centre-ville

**10. souhaitez-vous travailler dans une surface avec pignon sur rue ou dans une galerie intérieure ?**



Rue 2 50 %  
Galerie intérieure 2 50 %

### 11. Pourquoi

ils regroupent beaucoup de logements ce qui peut permettre d'avoir un nombre important de clientèle donc raisons de commerce  
toujours question de commerce  
pour attirer la clientèle  
raisons d'intimités et confort

### Nombre de réponses quotidiennes

