NRC·CNRC

NRC Publications Archive
Archives des publications du CNRC

Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique

Rainer, J. H.; Allen, D. E.; Jablonski, A. M.; Saint-Martin, L.

This publication could be one of several versions: author's original, accepted manuscript or the publisher's version. / La version de cette publication peut être l'une des suivantes : la version prépublication de l'auteur, la version acceptée du manuscrit ou la version de l'éditeur.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

Paper (National Research Council of Canada. Institute for Research in Construction), 1992-09

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :
https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=01a83716-6186-4629-a12f-6f8f41e973f7
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=01a83716-6186-4629-a12f-6f8f41e973f7

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at
https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright
READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits
LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

National Research Council Canada | Conseil national de recherches Canada

Canada

Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

CNRC-NRC

Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique

Publié par
Institut de recherche en construction
IRC

MANUEL DE SÉLECTION DES BÂTIMENTS EN VUE DE LEUR ÉVALUATION SISMIQUE

Préparé par:
Institut de recherche en construction
Conseil national de recherches Canada
Ottawa

Financé par:
Ministère de la Défense nationale
Société canadienne d'hypothèques et de logement
Ville de Vancouver
B.C. Buildings Corporation
Institut de recherche en construction

© Conseil national de recherches du Canada 1993
Décembre 1993
ISBN 0-660-94451-0
NRCC 36943F

REMERCIEMENTS

La réalisation du présent manuel a été rendue possible grâce à un contrat avec le ministère de la Défense nationale (MDN), la Société canadienne d'hypothèques et de logement, la British Columbia Building Corporation et la ville de Vancouver. Les nombreux points de vue et commentaires de M. Vaidyanathan, du MDN et de M. A. Geraghty de la ville de Vancouver se sont avérés très précieux pour l'élaboration de ce manuel. Les encouragements et les conseils, de même que la collaboration de M. U. Morelli de la Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., et de M. C. Rojahn du Applied Technology Council, Redwood City, Californie, ont été très appréciés.

La plupart des figures et des photographies du présent manuel ont été tirées du document ATC-21 (*Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*), gracieusement fourni par Applied Technology Council. La carte de séismicité au Canada a été obtenue grâce à la collaboration de la Commission géologique du Canada, et les cartes de zones sismiques ont été fournies gracieusement par le *Code national du bâtiment du Canada.*

Le présent manuel a été préparé par :

J.H. Rainer, chercheur principal	IRC/CNRC, Ottawa
D.E. Allen	IRC/CNRC, Ottawa
A.M. Jablonski	IRC/CNRC, Ottawa (anciennement)

avec la collaboration de :

J.K. Blohm	Wayte, Blohm & Associates, Victoria, C.-B.
R. DeVall	Read Jones Christoffersen, Vancouver, C.-B.
F. Knoll	Nicolet, Chartrand & Knoll Ltd, Montréal, Québec
D. Mitchell	Université McGill, Montréal, Québec
R.G. Redwood	Université McGill, Montréal, Québec

AVIS

Le présent manuel a été préparé par l'Institut de recherche en construction (IRC) pour les organismes commanditaires énumérés à la page couverture. Il décrit une méthode de sélection initiale des bâtiments aux fins de classement dans un inventaire, en vue de déterminer la nécessité que ceux-ci fassent l'objet d'une évaluation sismique plus détaillée. Les résultats numériques ne doivent pas être interprétés comme une indication de la présence ou de l'absence d'une sécurité sismique adéquate dans le bâtiment soumis à l'étude.

AVANT-PROPOS

Le présent manuel fournit une méthode de sélection rapide des bâtiments aux fins d'un classement dans un inventaire, en vue d'une éventuelle évaluation sismique plus détaillée. La méthode s'harmonise avec le document du CNRC intitulé *Lignes directrices visant l'évaluation sismique des bâtiments existants*, qui est compatible avec le *Code national du bâtiment du Canada*. La méthodologie décrite dans le présent manuel, conçu pour être utilisé avant le document mentionné ci-dessus, est basée sur l'identification des caractéristiques principales d'un bâtiment, qui peuvent influer sur les risques sismiques, et sur l'importance du bâtiment selon son utilisation et sa catégorie d'occupation. Un système de pointage numérique, relié aux exigences sismiques du *Code national du bâtiment*, est également décrit. On doit insister sur le fait que cette méthode n'est pas une évaluation de l'aptitude d'un bâtiment à résister aux séismes, mais simplement une méthode de sélection visant à classer les bâtiments qui devraient faire l'objet d'une évaluation plus détaillée.

Ce manuel s'inspire en grande partie du document ATC-21 intitulé *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*, publié par la U.S. Federal Emergency Management Agency en juillet 1988. Les principaux changements par rapport au document ATC-21 sont les suivants :

1. La méthode est adaptée à la séismicité et aux méthodes de construction du Canada.

2. La méthode de sélection est basée sur une inspection sur place, de l'intérieur et de l'extérieur du bâtiment, ou sur un examen des dessins de construction, alors que la méthode du ATC-21 est basée seulement sur une inspection sur place de l'extérieur de chaque bâtiment.

3. On a révisé le système de pointage de façon à y inclure les dangers non structuraux aussi bien que structuraux, ainsi que l'importance des bâtiments selon leur utilisation et leur catégorie d'occupation.

4. On a modifié le formulaire de collecte des données de façon à l'adapter à la méthode proposée dans le présent manuel.

5. La méthode vise principalement les bâtiments qui sont généralement couverts par la Partie 4 du *Code national du bâtiment du Canada.*

L'élaboration du présent manuel a commencé par l'établissement d'une méthode. La méthode numérique adoptée est basée sur un produit de facteurs susceptibles de modifier le comportement des bâtiments en cas de séismes, et elle relie chacun de ces facteurs aux exigences sismiques du *Code national du bâtiment du Canada*, édition 1990. La méthode a été complétée par un texte explicatif, puisé largement du document ATC-21, ce qui a donné une première ébauche pour utilisation à l'essai. Cette ébauche a été révisée par deux ingénieurs-conseils différents, spécialisés en sismicité, ainsi que par le personnel de deux organismes différents. À la suite des commentaires reçus, on a apporté à l'ébauche initiale les changements majeurs suivants :

1. Des corrections au Formulaire de sélection sismique ont été apportées, notamment :
   - le facteur (C) pour le type de construction a été augmenté dans le cas des constructions en béton ;
   - le facteur (E) pour l'importance du bâtiment a été modifié par une augmentation des limites des valeurs de N pour les différentes catégories d'occupation ;
   - les facteurs (F) pour les dangers non structuraux ont été doublés de façon à refléter leur importance relative propre ;
   - une remarque a été ajoutée, demandant d'indiquer par un astérisque les valeurs incertaines.

2. Le texte a été clarifié dans tout le manuel.

3. De nouveaux exemples ont été ajoutés à l'annexe B.

4. Le titre a été changé de façon à mieux refléter le rôle du manuel dans le processus d'évaluation sismique.

5. Une section a été ajoutée sur l'identification incertaine du type de bâtiment.

Les auteurs du présent manuel de l'IRC sont ouverts à toute suggestion susceptible de contribuer à l'amélioration de ce manuel.

RÉSUMÉ ET UTILISATION DU MANUEL

Le manuel présente une méthode de sélection sismique basée sur une inspection rapide de chaque bâtiment ou de ses dessins. On consigne les renseignements sur chaque bâtiment sur un formulaire standard de sélection sismique, en vue d'obtenir un pointage qui servira à déterminer l'indice de priorité sismique de chaque bâtiment. On utilise ensuite les pointages pour classer tous les bâtiments de l'inventaire en vue d'une évaluation sismique détaillée, en éliminant ceux qui n'exigent pas un examen plus approfondi. Ce manuel fournit à l'inspecteur la documentation de base et les données requises pour remplir le formulaire.

La méthodologie est basée sur les facteurs clés qui influent sur les risques sismiques pour un bâtiment, soit la sismicité, les conditions du sol, le type de structure, les irrégularités de la structure et la présence d'éléments non structuraux présentant un danger. Elle est basée également sur l'importance du bâtiment qui dépend de son utilisation et de sa catégorie d'occupation, étant donné que ceci peut modifier les conséquences des dommages sismiques. La plupart des renseignements, y compris la sismicité, les conditions du sol et l'importance du bâtiment, peuvent généralement être obtenus avant l'inspection des bâtiments. Les renseignements clés sur le type et les irrégularités de la structure, ainsi que sur la présence d'éléments non structuraux présentant un danger, seront généralement déterminés par une inspection de chaque bâtiment ou un examen de ses dessins. On utilise les renseignements pour choisir des facteurs de pointage sur le formulaire de sélection et pour les combiner afin de déterminer le pointage du bâtiment ; plus le pointage est élevé, plus le degré de priorité pour une évaluation ultérieure est élevé. Les pointages correspondent à l'écart des divers facteurs par rapport aux exigences sismiques du *Code national du bâtiment du Canada* de 1990. Le pointage regroupe deux composantes qui peuvent être traitées séparément, l'une étant reliée au comportement de la structure, et l'autre au comportement des éléments non structuraux. Cette distinction est utile pour la planification d'une évaluation sismique future et d'une modernisation.

Les bâtiments sont ensuite classés selon leur pointage et divisés en trois catégories : ceux qui sont considérés de faible priorité, de priorité moyenne et de priorité élevée pour une évaluation plus détaillée. Les divisions entre les priorités faible, moyenne et élevée sont quelque peu arbitraires et dépendent des ressources et des priorités locales, ainsi que des types de bâtiments visés. Les valeurs suivantes d'indice de priorité sismique (IPS) sont suggérées comme point de départ : moins de 10 pour faible priorité, entre 10 et 20 pour priorité moyenne, et plus de 20 pour priorité élevée. Les bâtiments qui reçoivent un pointage d'IPS supérieur à 30 peuvent être considérés comme potentiellement dangereux.

La méthode présentée dans le présent manuel se veut la phase de sélection préliminaire d'une méthode à plusieurs phases pour l'identification des bâtiments potentiellement dangereux. Les bâtiments signalés par cette méthode comme ayant besoin d'une évaluation ultérieure devraient être analysés plus en détail par un ingénieur expérimenté en calcul parasismique. Étant donné que cette méthode est basée sur une inspection rapide, certains détails dangereux peuvent passer inaperçus dans certains cas, et certaines structures présentant une vulnérabilité sismique risquent de ne pas être identifiées comme telles. Inversement, des bâtiments désignés comme potentiellement dangereux peuvent s'avérer adéquats. De tels cas, toutefois, devraient être l'exception plutôt que la règle.

Les gouvernements locaux peuvent utiliser les méthodes décrites dans le présent manuel pour mettre sur pied un programme local. Toutefois, comme ce manuel n'est pas en lui-même un document juridique, le programme local doit être planifié et mis en application soigneusement dans le cadre légal de la localité. Avant qu'une juridiction locale puisse adopter un programme de réduction des risques, elle devrait élaborer des méthodes cohérentes, défendables du point de vue juridique, pour désigner les bâtiments dangereux et pour définir des critères permettant que des études techniques détaillées puissent éventuellement déterminer les exigences de renforcement pour chaque bâtiment.

CRÉDITS ILLUSTRATIONS

Les diagrammes et photographies suivants, tirés du document ATC-21, proviennent des sources suivantes.

Figures

2-2 2-5 2-6 2-8 2-9 2-11 2-12	Lagorio, H., Friedman, H. et Wong, K. (1986). *Issues for Seismic Strenghtening of Existing Buildings: A Practical Guide for Architects*. Center for Environmental Design, Université de la Californie à Berkeley
4-3 4-4 4-14a 4-14b	Dessins de Kit Wong
2-14 2-15	Dessins de EQE, Incorporated
2-1	Dessin tiré de *National Multihazard Survey Instructions*. FEMA, TR-84.
2-3 2-5 2-6	Steinbrugge, K. (1982). *Earthquakes, Volcanoes, and Tsunamis, An Anatomy of Hazards*. Skandia America Group, New York.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
REMERCIEMENTS		i
AVANT-PROPOS		ii
RÉSUMÉ ET UTILISATION DU MANUEL		iv
CRÉDITS ILLUSTRATIONS		v
1.	INTRODUCTION	1
1.1	Portée et but du présent manuel	1
1.2	Qualifications et formation du personnel affecté à l'étude	2
1.3	Comment utiliser le présent manuel	3
1.4	Nature des tremblements de terre	3
1.5	Séismicité au Canada	5
2.	COMPORTEMENT SISMIQUE DES BÂTIMENTS	7
2.1	Effets d'un séisme	7
2.2	Comment les forces sismiques sont contrées	8
2.3	Types de charpente de bâtiment et exemples de dommages sismiques	10
2.4	Problèmes de configuration	34
2.5	Dangers reliés aux éléments non structuraux	34
2.5.1	Éléments extérieurs non structuraux	34
2.5.2	Éléments intérieurs non structuraux	34
3.	INSTRUCTIONS GÉNÉRALES DE MISE EN OEUVRE DE L'ÉVALUATION	36
3.1	Séquence d'exécution de l'évaluation	36
3.2	Établissement du budget et évaluation des coûts	36
3.3	Planification préalable à l'étude sur place	37
3.4	Formation du personnel	37
3.5	Révision du formulaire de sélection sismique	38
3.6	Outils d'évaluation à apporter sur les lieux	38
3.7	Sources de renseignements	38
4.	MÉTHODE DE SÉLECTION	40
4.1	Vue d'ensemble de la méthode de sélection	40
4.2	Données préalables à l'étude sur place	42
4.2.1	Identification du bâtiment et de l'inspecteur	42
4.2.2	Nombre d'étages et aire totale des planchers	42
4.2.3	Année de construction et CNB en vigueur	42
4.2.4	Zone sismique effective	44
4.2.5	Conditions du sol	44
4.2.6	Utilisation et catégorie d'occupation	45

4.3 Données à recueillir sur place 46
4.3.1 Croquis, photographies 46
4.3.2 Type de structure 46
4.3.2.1 Comment distinguer entre structures à ossature et structures à murs porteurs 48
4.3.2.2 Où chercher des indices 51
4.3.2.3 Caractéristiques des matériaux de construction apparents 51
4.3.2.4 Ossature légère en bois (OLB) 53
4.3.2.5 Poteaux et poutres en bois (PPB) 59
4.3.2.6 Ossature en acier résistant aux moments (OAM) 59
4.3.2.7 Ossature contreventée en acier (OCA) 59
4.3.2.8 Ossature légère en acier (OLA) 59
4.3.2.9 Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton (AMB) 60
4.3.2.10 Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (AMR) 60
4.3.2.11 Ossature en béton résistant aux moments (OBM) 63
4.3.2.12 Murs de béton travaillant en cisaillement (MBC) 63
4.3.2.13 Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (BMR) 63
4.3.2.14 Ossature en béton préfabriquée (OBP) 64
4.3.2.15 Murs en béton préfabriqués (MBP) 67
4.3.2.16 Murs porteurs en maçonnerie armée avec platelages en bois ou en métal (MAL) 67
4.3.2.17 Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton (MAB) 70
4.3.2.18 Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA) 70
4.3.3 Irrégularités 72
4.3.3.1 Irrégularité verticale 72
4.3.3.2 Irrégularité horizontale (torsion) 72
4.3.3.3 Colonnes courtes en béton 72
4.3.3.4 Niveau non rigide 73
4.3.3.5 Collision de bâtiments 73
4.3.3.6 Modifications majeures 73
4.3.3.7 Détérioration 73
4.3.4 Risques reliés aux éléments non structuraux 74
4.3.4.1 Risques de chutes d'objets 74
4.3.4.2. Risques pour les opérations essentielles 74
4.4 Système de pointage 74
4.5 Fiabilité des données 76

5. CLASSEMENT ET SÉLECTION D'UN INVENTAIRE DE BÂTIMENTS 77

5.1 Classement des bâtiments selon le pointage 77
5.2 Note de passage pour l'élimination des bâtiments à faibles risques 77

Annexe A : Zones sismiques selon le CNB 1990 78
Annexe B : Exemples 80
Annexe C : Formulaire de sélection sismique 88
Formulaire d'inventaire de sélection sismique 88

1

INTRODUCTION

Les tremblements de terre et les effondrements de bâtiment et autres dommages qui en résultent sont des dangers qui menacent plusieurs régions du globe. En vue de fournir un outil pour évaluer le risque d'effondrement des bâtiments ou de dommages causés par des tremblements de terre, le présent manuel présente une méthode permettant de déterminer rapidement si un bâtiment est acceptable du point de vue sismique ou s'il présente des risques. La méthode produit un pointage obtenu à partir d'une inspection rapide du bâtiment, tant de l'intérieur que de l'extérieur, ou à partir d'un examen rapide des dessins d'architecture et de charpente.

Le pointage reflète l'écart du bâtiment par rapport aux exigences sismiques actuelles (1990). Un pointage élevé indique que le bâtiment devrait faire l'objet d'une étude supplémentaire par un ingénieur expérimenté en calcul parasismique, alors qu'un pointage faible indique que le bâtiment est probablement adéquat. Le pointage se divise en deux composantes, l'une pour les éléments structuraux et l'autre pour les éléments non structuraux.

1.1 Portée et but du présent manuel

Le manuel décrit une méthode de sélection rapide des bâtiments couverts par la Partie 4 du *Code national du bâtiment du Canada* (CNB). Il ne vise pas les petits bâtiments couverts par la Partie 9 du CNB, comme les maisons unifamiliales ou les petites maisons plurifamiliales. La méthode de sélection présentée ici est compatible avec la méthode d'évaluation détaillée présentée dans le document *Lignes directrices visant l'évaluation sismique des bâtiments existants* (IRC/CNRC, 1992), qui doit normalement y faire suite.

Bien que les bâtiments plus récents d'une collectivité aient été conçus et construits pour résister aux forces sismiques, il peut y avoir plusieurs bâtiments plus anciens qui constituent une menace pour la vie ou la sécurité de toute une collectivité s'il devait survenir un tremblement de terre. Les ingénieurs se sont attaqués aux problèmes reliés aux séismes en établissant des « zones de danger sismique » et des recommandations de calcul reliées à ces zones. Ils ont établi les zones de danger en examinant le nombre, l'importance et l'emplacement des séismes passés, l'emplacement des failles en activité, et la possibilité que de futurs séismes se produisent dans chaque région. Les cartes présentées à l'annexe A montrent les mouvements sismiques maximaux prévus qui ont servi à déterminer les zones de danger sismique dans le CNB de 1990.

Le présent manuel décrit une méthode qui permet de déterminer rapidement et facilement les bâtiments susceptibles d'occasionner des pertes de vie ou des blessures, ou une réduction importante des services communautaires dans l'éventualité d'un séisme destructeur. Cette méthode se veut rapide et relativement peu coûteuse, de sorte qu'une collectivité ou une autorité compétente puisse établir une liste des bâtiments potentiellement dangereux sans avoir à défrayer une analyse détaillée pour chaque ouvrage. De façon idéale, tout bâtiment qui reçoit un pointage élevé et qui est ainsi signalé comme présentant des risques selon cette méthode initiale de sélection rapide, devrait faire l'objet d'une étude ultérieure par un ingénieur possédant de l'expérience ou une formation en calcul parasismique. À la suite d'une inspection plus détaillée et d'une étude des dessins de charpente, ainsi que d'analyses techniques et d'autres méthodes détaillées, il sera possible de déterminer de façon définitive le degré de danger sismique de l'ouvrage.

On peut utiliser cette méthode de sélection comme un outil pour attribuer des priorités relatives au besoin d'une évaluation plus détaillée d'un ensemble donné de bâtiments. Ainsi, il sera possible de classer, suivant les niveaux relatifs de risques pour leurs occupants ou pour l'ensemble de la collectivité, des bâtiments répartis sur une grande région ou parfois même à l'échelle du pays. Par ailleurs, on pourra effectuer le même type de classement pour un groupe de bâtiments situés dans une collectivité donnée.

La méthode de sélection sismique présentée dans le présent manuel a été conçue de façon à ne pas exiger de calculs des structures. L'utilisateur pourra prendre des décisions à partir du système de pointage décrit précédemment dans le manuel. Avec cette méthode, l'inspection d'un bâtiment ou de ses dessins pourrait prendre environ une heure, un peu plus pour les bâtiments complexes, un peu moins pour un groupe de bâtiments identiques plus petits. Avant les inspections, on pourra obtenir des données supplémentaires d'autres sources, comme les fichiers d'un évaluateur ou du service de l'habitation, ou d'études antérieures. Il faudra réviser et rassembler cette information avant de commencer l'étude sur les lieux.

Cette méthode devrait être applicable à l'échelle du pays, pour les types de bâtiments classiques. Les structures autres que les bâtiments, comme les ponts et les grandes tours, sont exclues. La sélection sismique ne constitue que la première phase d'une méthode à plusieurs phases au cours de laquelle on choisit, obtient et utilise des données pour arriver à une décision préliminaire relativement aux risques que présente un bâtiment. Les phases subséquentes consistent en des analyses plus détaillées des bâtiments qui, à la lumière de la sélection sismique, ont besoin d'une évaluation plus poussée.

Bien que la méthode de sélection sismique présentée dans le manuel s'applique à tous les types de bâtiments, certains utilisateurs pourront vouloir limiter, en raison de contraintes budgétaires ou autres, l'étude aux types de bâtiments qu'ils considèrent les plus dangereux, tels ceux en maçonnerie non armée ou en béton non ductile. Toutefois, il est recommandé que, tout au moins au début, **tous** les types de bâtiments classiques soient évalués et que l'élimination de certains types de bâtiments soit bien documentée et appuyée à la fois par des calculs techniques et des données recueillies sur les lieux. Il est possible que, dans certains cas, même des bâtiments conçus d'après les codes modernes présentent une menace pour la vie et la sécurité, particulièrement en ce qui concerne les dangers reliés aux éléments non structuraux.

1.2 Qualifications et formation du personnel affecté à l'étude

La méthode de sélection sismique a été élaborée et rédigée pour un utilisateur cible comprenant les groupes suivants :

- les responsables locaux de l'habitation
- les ingénieurs
- les architectes membres de l'Ordre
- les propriétaires de bâtiments
- les responsables de plans d'urgence

Toutes ces personnes sont susceptibles de contribuer par leurs efforts à déterminer les bâtiments d'une collectivité présentant des dangers sismiques, afin de réduire le niveau de risque. En raison des antécédents variés des membres de ce groupe cible, les auteurs se sont efforcés de définir les termes techniques et, lorsque cela était possible, de fournir des règles facilitant la prise de décisions dans les cas où l'expertise d'un ingénieur serait autrement requise.

Avant de tenter d'appliquer la méthode de sélection, tout le personnel affecté à l'étude devrait lire attentivement ce manuel. Comme exercice pratique, il est recommandé que tous les membres du personnel fassent une évaluation simultanée de plusieurs types de bâtiments, sous la supervision d'un ingénieur expérimenté dans le calcul parasismique, et comparent leurs résultats. Cet exercice vise un double but :

1. assurer une interprétation plus uniforme du formulaire de sélection sismique et de la méthode de pointage ; et

2. permettre de relever des méthodes de construction particulières à un territoire

relevant d'une autorité donnée et qui ne figurent peut-être pas dans ce manuel.

1.3 Comment utiliser le présent manuel

Le manuel est divisé en plusieurs sections. Les premières sections contiennent une documentation qui doit être lue avant la mise en oeuvre de l'étude. Les dernières sections qui doivent aussi être lues avant la mise en oeuvre de l'étude, renferment des documents à consulter sur place.

Le chapitre 2 présente un aperçu général du comportement des bâtiments au cours des tremblements de terre. Il comporte une description de base des éléments structuraux requis pour résister aux forces sismiques, et une description des dommages les plus courants subis par différents types de structures. Le chapitre 3 présente un guide de planification et de préparation à l'évaluation, touchant notamment la formation du personnel, les outils d'évaluation et les sources d'information. Le chapitre 4 sert de guide aux personnes qui effectuent l'évaluation ; il indique comment recueillir les données avant les inspections (données préalables à l'étude sur place), ce qu'il faut observer durant les inspections (données recueillies sur place) et comment établir les pointages. Le chapitre 5 fournit une méthode permettant de classer des bâtiments selon les pointages obtenus et de choisir une « note de passage » pour l'élimination des bâtiments qui ne requièrent pas une évaluation détaillée. Le formulaire de sélection sismique, qui se trouve en annexe C à la fin du présent manuel et est illustré par des exemples de formules remplies en annexe B, constitue la clé de cette méthode de sélection.

Le manuel n'indique pas en détail de quelle manière une collectivité devrait financer une évaluation, gérer les données, choisir le personnel ou mettre en oeuvre la méthodologie de l'étude. Bien qu'il suggère des façons d'utiliser les pointages pour établir des priorités en vue d'une évaluation subséquente, celles-ci ne sont données qu'à titre de suggestions et devront être révisées par la collectivité avant d'être adoptées.

1.4 Nature des tremblements de terre

De façon générale, les tremblements de terre résultent de mouvements entre les plaques qui constituent la croûte terrestre. Ces plaques sont entraînées par le mouvement de convection des matières constituant le manteau terrestre, qui sont entraînées elles-mêmes par la chaleur produite dans le noyau terrestre. Tout comme l'eau monte dans une marmite chauffée, les matières du noyau terrestre montent à la surface de la terre sous l'effet de la chaleur. Les forces qui agissent entre les matières ascendantes et la croûte terrestre provoquent un déplacement des plaques. C'est le déplacement relatif de ces plaques qui engendre les tremblements de terre. Aux endroits où les plaques se séparent, les matières en fusion jaillissent pour combler le vide. La dorsale sous le milieu de l'océan Atlantique en est un exemple. Ces matières, initialement en fusion, se sont refroidies rapidement et après des millions d'années, se retrouvent entraînées par de nouvelles matières à travers une large portion de la surface terrestre.

Ces grandes portions de la croûte terrestre, appelées plaques tectoniques, se déplacent très lentement et de façon très irrégulière. Des forces peuvent grandir pendant des décennies ou des siècles à l'interface entre des plaques (appelée faille), jusqu'à ce qu'il se produise tout d'un coup un déplacement important. Ces mouvements violents et soudains produisent une secousse qui est perçue comme un tremblement de terre. La secousse peut causer des dommages directs aux bâtiments, aux routes, aux ponts et à d'autres ouvrages faits par l'homme, et peut tout aussi bien déclencher des incendies, des glissements de terrain, des raz de marée (tsunamis), ainsi que d'autres phénomènes destructeurs.

Une faille correspond à une sorte de « déchirure » dans la croûte terrestre et peut s'étendre sur une profondeur de un à cent kilomètres. Dans certains cas, les failles sont l'expression physique des frontières entre des plaques tectoniques adjacentes et peuvent ainsi avoir des centaines de kilomètres de longueur. De plus, il peut exister des milliers de failles plus courtes dérivant de la zone de faille principale, ou parallèles à celle-ci. Généralement, plus une faille est longue, plus le séisme qu'elle peut provoquer sera

important. Outre les plaques tectoniques principales, il y a de nombreuses sous-plaques plus petites, des « plaquettes » et de simples blocs de croûte qui se déplacent occasionnellement par suite d'une « bousculade » de leurs voisins ou des plaques principales. L'existence de ces sous-plaques laisse supposer que des séismes plus petits, quoique dévastateurs, peuvent se produire pratiquement n'importe où, selon une probabilité plus faible, toutefois.

En plus des sources sismiques aux frontières des plaques tectoniques, comme sur la côte ouest de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud, l'activité sismique peut également se produire à l'intérieur de plaques tectoniques à cause des failles locales et de la création de contraintes locales. On retrouve ce type de source sismique interplaque le long de la Vallée du Saint-Laurent et de la région qui s'étend du nord d'Ottawa à Boston.

Nos connaissances actuelles sur le mécanisme de genèse des tremblements de terre ne nous permettent pas de prédire avec fiabilité les moments, les magnitudes et les emplacements des séismes. De façon générale, les tremblements de terre se concentrent au voisinage des failles, et certaines failles sont plus susceptibles que d'autres de produire un événement important. Par contre, le processus de genèse des séismes n'est pas suffisamment bien compris pour qu'on puisse prédire le moment exact où se produira un tremblement de terre. Aussi, les collectivités doivent être préparées à faire face à un tremblement de terre en tout temps.

L'importance d'une secousse sismique et les dommages qu'elle peut causer dépendent de quatre facteurs principaux. Il s'agit de la magnitude, du type de séisme, de la distance par rapport au foyer du séisme et du type de sol. Plus un tremblement de terre est important, plus la secousse est longue et brusque, et plus les dommages causés sont grands. L'expérience a montré que le mouvement de terrain peut être ressenti de plusieurs secondes à une minute, ou même davantage. Face aux tremblements de terre, il faut tenir compte à la fois de la secousse horizontale (d'un côté à l'autre) et de la secousse verticale.

De façon générale, plus le foyer d'un tremblement de terre est éloigné, moins le mouvement de terrain est important. Le taux de diminution du mouvement avec la distance est fonction de la géologie régionale et des caractéristiques du tremblement de terre et de son foyer. La géologie sous-jacente à l'emplacement peut également avoir un effet important sur l'amplitude du mouvement de terrain. Les sols meubles et peu denses tendent à amplifier le mouvement du terrain et à en prolonger la durée dans de nombreux cas. De telles conditions peuvent accentuer les dommages causés à un bâtiment. Au cours du tremblement de terre de San Francisco en 1906, les dommages ont été plus importants dans les zones où les bâtiments avaient été construits sur des remblais peu compactés faits par l'homme, et moins importants au sommet de collines rocheuses. Le tremblement de terre de Mexico en 1985 a eu des effets encore plus dramatiques. Il s'est produit à 400 km de la ville, mais les sols très mous sur lesquels était construite une partie de la ville ont amplifié la secousse du sol suffisamment pour provoquer l'effondrement de bâtiments de hauteur moyenne plus vulnérables. On a observé des exemples semblables d'amplification du mouvement sur des dépôts de sols mous au cours du tremblement de terre de 1988 au Saguenay, dans la région centrale du Québec, et de celui de Loma Prieta en 1989, près de San Francisco. Les emplacements constitués de roc en surface ou près de celle-ci sont moins susceptibles d'amplifier le mouvement sismique. Le type de mouvement ressenti varie également avec la distance de l'épicentre. Près du foyer, le mouvement se traduit généralement par une secousse violente et rapide, alors que plus loin, il s'agit davantage d'un mouvement de balancement. Comme on peut s'y attendre, les bâtiments réagissent de façon différente à une secousse rapide et à un mouvement de balancement.

Il existe plusieurs façons de décrire l'importance et la gravité d'un tremblement de terre et des secousses qui y sont reliées. La façon la plus connue est sans doute l'échelle de Richter. La magnitude suivant l'échelle de Richter est une description numérique de l'amplitude maximale du mouvement de sol mesurée par un sismographe (réglé par rapport à un étalon). Sur l'échelle de Richter, les tremblements de terre les plus

importants qu'on a enregistrés avaient une magnitude d'environ 8,5. Il s'agit d'une échelle logarithmique, et une augmentation d'une unité de magnitude correspond à une augmentation d'environ 30 fois de l'énergie totale du tremblement de terre. Une mesure plus objective de l'intensité sismique à un endroit donné est la force ou l'accélération causée par le mouvement du sol. Dans ce manuel, on utilise l'accélération (ou la vitesse) horizontale maximale du sol comme mesure de l'intensité sismique. L'accélération (ou la vitesse) horizontale maximale du sol susceptible de se produire pendant la durée de vie d'un bâtiment dans chacune des régions du Canada a été évaluée (voir annexe A), et le pays a été divisé en sept zones de danger sismique, soit de 0 à 6. Lorsqu'on effectue une évaluation sismique des bâtiments d'une ville donnée, il n'y a généralement qu'une zone sismique qui est touchée, alors que les propriétés immobilières d'un propriétaire donné peuvent couvrir plusieurs zones sismiques.

1.5 Séismicité au Canada

La figure 1-1 montre de façon évidente que certaines parties du pays ont subi des tremblements de terre plus importants que d'autres. La frontière entre les plaques tectoniques de l'Amérique du Nord et du Pacifique se trouve le long de la côte ouest des États-Unis, du Mexique et du Canada. La faille de San Andreas en Californie, la faille de subduction de Juan de Fuca au large de l'île de Vancouver et la fosse des Aléoutiennes au large de la côte de l'Alaska font partie de cette frontière. Ces zones sismiques actives ont généré des tremblements de terre d'une magnitude supérieure à 8 sur l'échelle de Richter. Il existe de nombreuses autres failles plus petites dans l'ouest du Canada et des États-Unis, qui permettent également de libérer les contraintes qui se créent à mesure que les plaques tectoniques se déplacent l'une par rapport à l'autre. Étant donné que les tremblements de terre se produisent toujours le long des failles, le danger sismique est plus grand pour les agglomérations qui se trouvent près des zones de faille active.

Dans la partie est du Canada et des États-Unis, la cause des tremblements de terre est moins connue. Il n'y a pas de frontière entre plaques et il existe peu d'emplacements de failles. Par conséquent, il est difficile de faire des prévisions sur les emplacements d'éventuels séismes. Plusieurs tremblements de terre historiques majeurs s'y sont produits, comme celui de New Madrid dans le Missouri en 1811 et 1812, ce qui indique qu'il y a un risque de séismes très importants. Des tremblements de terre plus faibles, bien que dévastateurs, d'une magnitude allant jusqu'à 7 sur l'échelle de Richter, se sont produits près du Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais (récemment à la Malbaie en 1926, à Cornwall-Massena en 1944 et au Saguenay en 1988). Toutefois, la plupart des séismes qui sont survenus dans la partie est du continent sont des événements de plus faible magnitude. À cause des différences géologiques régionales, les tremblements de terre de l'est et du centre de l'Amérique du Nord sont ressentis à des distances beaucoup plus grandes que ceux qui surviennent dans la partie ouest, parfois à une distance de 1000 km. Dans la partie centrale du Canada, il n'existe pas de risques de séismes importants, alors qu'on peut prédire pour les régions arctiques une activité sismique modérée. Toutefois, l'enregistrement historique et les données instrumentales de l'activité sismique dans l'Arctique sont très récentes.

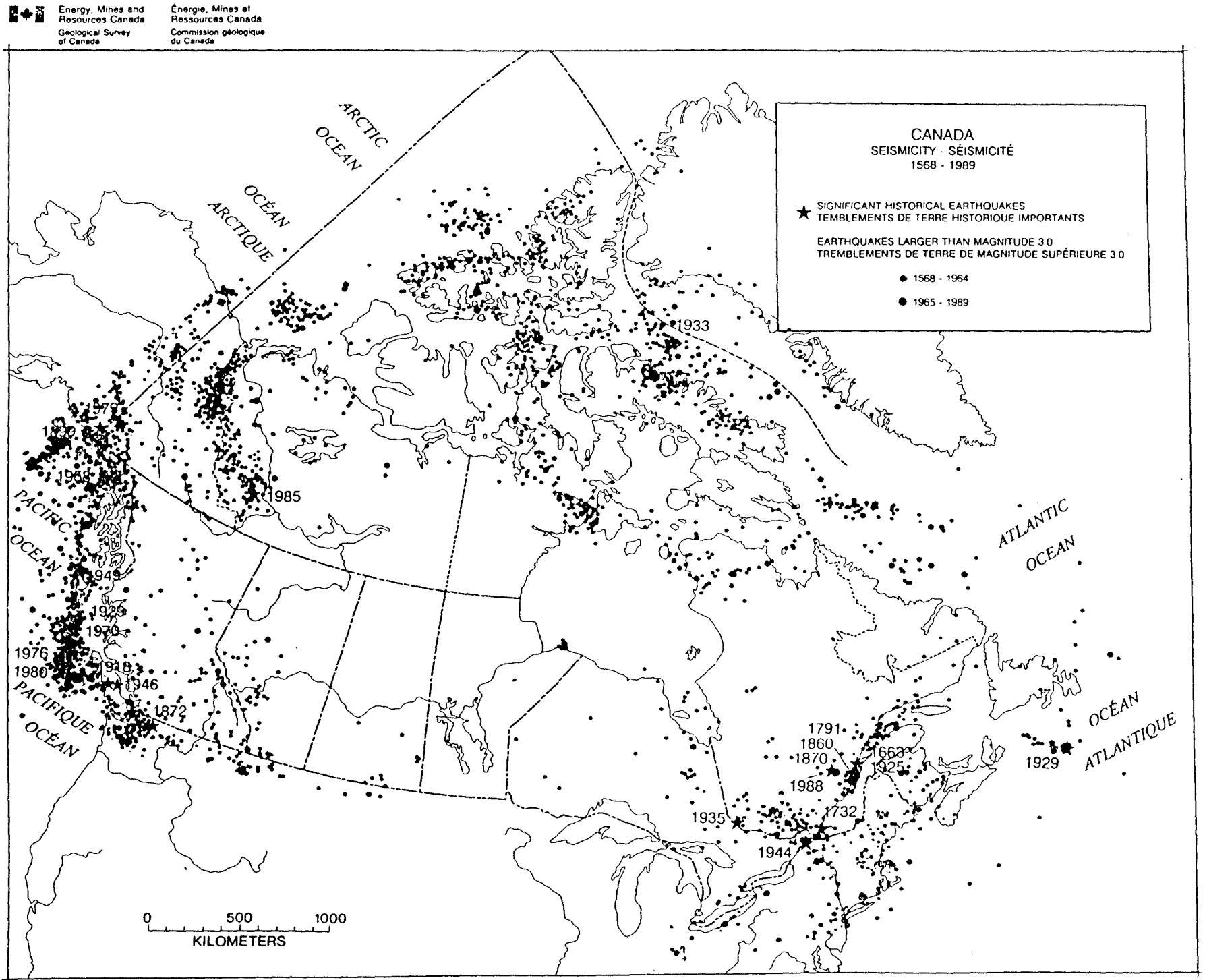


Figure 1-1 : Séismicité au Canada

2

COMPORTEMENT SISMIQUE DES BÂTIMENTS

Les bâtiments peuvent subir de nombreux types de dommages, qu'on peut répartir en deux catégories : les dommages structuraux et les dommages non structuraux, les deux étant dangereux pour les occupants d'un bâtiment. Par dommage structural, on entend une dégradation des systèmes de supports structuraux du bâtiment (soit les systèmes résistant aux forces verticales et latérales), comme les ossatures de bâtiment et les murs. Les dommages non structuraux sont ceux qui n'altèrent pas l'intégrité du système de support structural. Parmi les dommages non structuraux, notons l'affaissement de parapets, d'ornementations, de cloisons en maçonnerie, de matériel lourd comme des ascenseurs, le bris de canalisations essentielles dans les installations vitales, etc. Le type de dommage que peut subir un bâtiment est un problème complexe qui dépend, entre autres facteurs, du type de structure, de l'âge du bâtiment, du mouvement sismique du sol, des conditions du sol, de la proximité de bâtiments voisins, de l'état du bâtiment et du type d'éléments non structuraux. Ces contributions possibles aux dangers que présente un bâtiment seront détaillées plus loin.

2.1 Effets d'un séisme

Lorsqu'il se produit une secousse sismique, le bâtiment est projeté d'un côté à l'autre et de haut en bas. En fait, pendant que le sol se déplace violemment d'un côté à l'autre, le bâtiment tend à rester au repos, de la même façon qu'un passager debout dans un autobus qui accélère rapidement. Une fois que le bâtiment a commencé à se déplacer, il tend à continuer dans le même sens, alors que le sol se déplace en sens opposé (comme si le conducteur de l'autobus avait accéléré rapidement d'abord puis freiné soudainement). Ainsi, le bâtiment est projeté d'avant en arrière par le mouvement du sol, certaines parties du bâtiment accusant un retard par rapport à d'autres avant de se déplacer en sens opposé. La force **F** que subit le bâtiment est reliée à sa masse **m** et à l'accélération **a**, d'après la loi de Newton **F = ma**. Plus la masse de l'édifice est grande, plus la force exercée est grande. Par conséquent, si on tient compte d'une même accélération, un bâtiment en béton armé, lourd et élevé, sera soumis à une force beaucoup plus grande qu'une maison légère d'un étage à ossature en bois. Les dommages peuvent découler d'une surcharge des éléments structuraux (poutres et colonnes) ou de mouvements différentiels entre plusieurs parties de la charpente. Si la charpente est suffisamment solide pour résister à ces forces ou à ces mouvements différentiels, les dommages seront peu importants. Mais si la charpente ne peut résister à ces forces ou à ces mouvements différentiels, les éléments structuraux seront endommagés, et un effondrement pourra se produire.

Les dommages causés aux bâtiments dépendent de la durée et de l'importance du mouvement du sol. La secousse d'un gros tremblement de terre tend à être plus longue et plus violente et peut causer, par conséquent, plus de dommages aux structures. Des séismes d'une magnitude inférieure à 5 sur l'échelle de Richter causent rarement des dommages importants aux bâtiments, étant donné que les niveaux d'accélération et la durée de la secousse de ces séismes sont relativement faibles. En plus des dommages dus aux secousses du sol, d'autres dommages peuvent être causés par la collision de bâtiments, l'effondrement du sol qui cause la détérioration des fondations, les glissements de terrain, les incendies et les raz de marée (tsunamis). Plusieurs de ces formes « indirectes » de dommages ne sont pas traitées dans le présent manuel.

Le niveau de dommage qui résulte d'un séisme majeur dépend de la façon dont le bâtiment a été conçu et construit. On ne peut prédire exactement le type de dommage que subira un

bâtiment parce qu'il n'y a pas deux bâtiments qui subissent un mouvement identique. Toutefois, il y a certaines tendances générales qui ont été observées dans de nombreux séismes. Des équipes de recherche après séisme ont constaté que les bâtiments à charpente d'acier se comportent beaucoup mieux que ceux en maçonnerie non armée, par exemple. Les nouveaux bâtiments subissent généralement moins de dommages que les constructions conçues selon des codes plus anciens. L'effondrement des murs porteurs qui soutiennent la charpente entière est une forme courante de dommage des structures en maçonnerie non armée. Les toits de nombreux bâtiments plus anciens mis en place par relèvement se sont effondrés. En vue d'assurer la sécurité des personnes, il est nécessaire de désigner clairement les bâtiments vulnérables, qui devront être soit renforcés, soit démolis.

Chaque bâtiment possède ses propres caractéristiques vibratoires qui dépendent de sa hauteur et de son type de charpente. De la même façon, chaque séisme possède ses caractéristiques propres qui dépendent de la géologie du site, de la distance au foyer, ainsi que du type et du site du mécanisme de déclenchement du séisme. Parfois, le séisme produit un mouvement avec lequel le bâtiment entre en résonance. Ce phénomène, qui se produit quand la fréquence d'excitation d'un séisme est égale à la fréquence propre du bâtiment, cause une augmentation de l'amplitude de la vibration du bâtiment et, par conséquent, augmente le risque de dommage. La résonance a été un problème majeur dans le séisme de Mexico de 1985 et a produit l'effondrement total de nombreux bâtiments de hauteur moyenne.

2.2 Comment les forces sismiques sont contrées

Les bâtiments subissent une distorsion horizontale lorsqu'ils sont soumis à un mouvement sismique. Lorsque ces distorsions sont grandes, les dommages peuvent être catastrophiques. C'est pourquoi on prévoit des systèmes résistant aux forces latérales (SRFL) dans la conception de la plupart des bâtiments, afin qu'ils puissent résister aux effets des forces sismiques. Dans de nombreux cas, les SRFL rendent un bâtiment plus rigide et réduisent ainsi l'ampleur du mouvement latéral et par conséquent, les dommages. Les SRFL sont généralement capables de résister seulement à des forces résultant de mouvements de sol qui leur sont parallèles. Toutefois, l'action combinée des SRFL dans le sens de la largeur et dans le sens de la longueur d'un bâtiment peut éventuellement lui permettre de résister à un mouvement sismique dans n'importe quelle direction. Les SRFL diffèrent d'un bâtiment à l'autre, parce que le type de système dépend jusqu'à un certain point du schéma de base et des éléments structuraux du bâtiment. Un SRFL comprend essentiellement des éléments résistant à l'effort axial (tension ou compression), au cisaillement et à la flexion.

Dans les bâtiments à murs à ossature de poteaux en bois, on utilise généralement un parement de contreplaqué afin de prévenir une flexion latérale excessive. Sans cette force supplémentaire fournie par le contreplaqué, les murs pourraient se tordre de façon excessive, causant des bris de fenêtres et le coincement des portes. Dans les bâtiments plus anciens à ossature en bois, cette résistance aux charges latérales est assurée par des contreventements en bois ou en acier.

Les systèmes de résistance aux séismes dans les bâtiments modernes à charpente en acier prennent de nombreuses formes. Diverses configurations de contreventement en diagonale ont été utilisées. La figure 2-1 montre des exemples de l'utilisation d'un contreventement simple en diagonale, en croix et en K. Les ossatures en acier résistant aux moments sont également capables de résister aux charges latérales. Dans ce type de construction, les raccordements entre les poutres et les colonnes sont conçus pour résister au mouvement de rotation des colonnes par rapport aux poutres. De cette façon, la poutre et la colonne travaillent ensemble et résistent par flexion au mouvement latéral. Cet aménagement diffère de la charpente contreventée dans laquelle les charges sont contrées par les forces de tension et de compression dans les contreventements. Les bâtiments à charpente d'acier sont parfois construits avec des ossatures résistant aux moments dans une direction et des ossatures contreventées dans l'autre.

Dans les charpentes en béton, on utilise parfois des murs travaillant en cisaillement pour assurer la résistance latérale, en plus des ossatures résistant aux moments. De façon idéale, ces murs

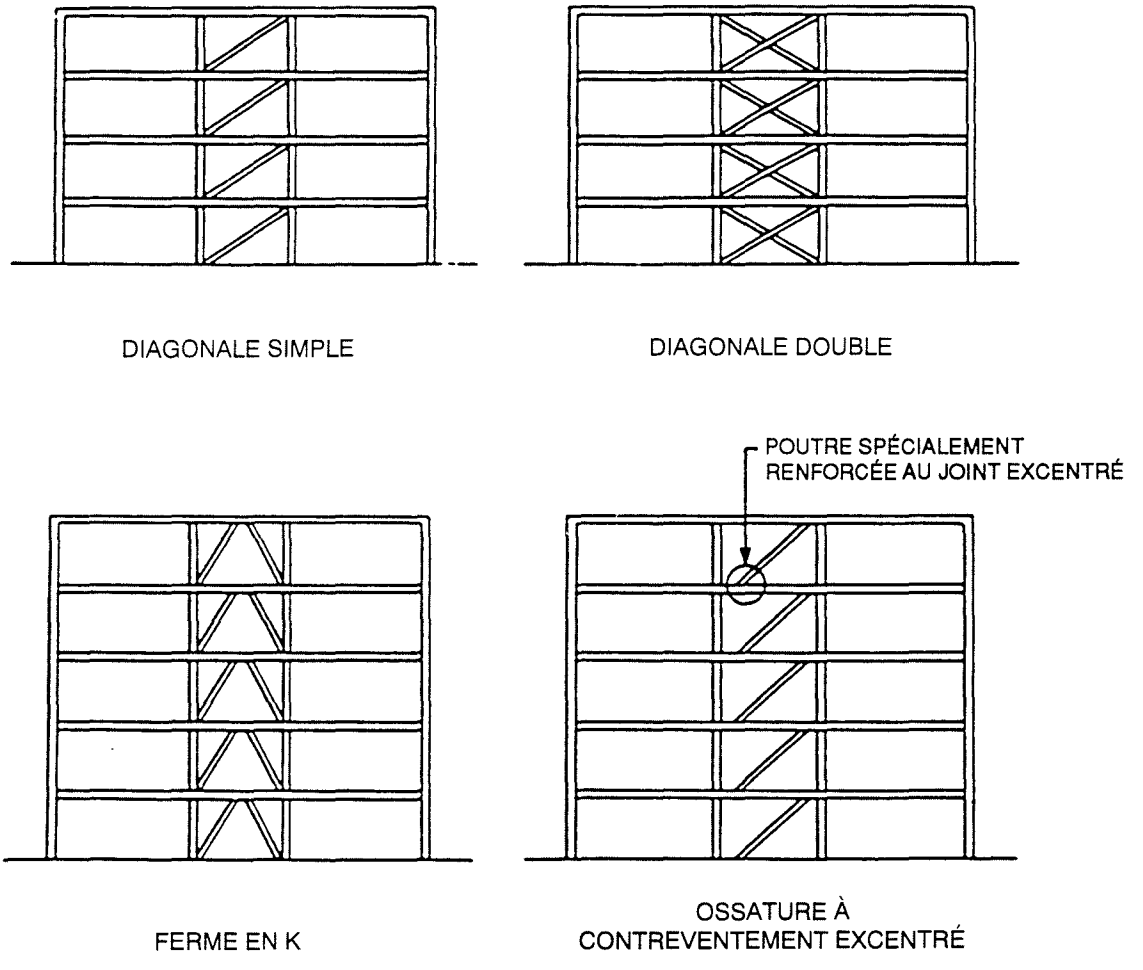


Figure 2-1 : Types de contreventement

reste de la charpente en béton et résistent ainsi aux mouvements des planchers les uns par rapport aux autres. Les murs de cisaillement peuvent également être faits de briques ou de blocs creux en béton et être renforcés par des armatures.

2.3 Types de charpente de bâtiment et exemples de dommages sismiques

Différents types courants de construction sont décrits et illustrés ci-dessous de façon à fournir un aperçu global des systèmes structuraux existants. Les types de modèles de bâtiment énumérés au tableau 2-1 sont classés principalement d'après les éléments verticaux du système structural du bâtiment. Les comportements sismiques types et les types de dommages prévus des différents systèmes sont également étudiés.

Ossature légère en bois (OLB) : Ce type de bâtiment comprend généralement des immeubles à appartements, à locaux commerciaux ou à bureaux, dont la surface de plancher totale est supérieure à 600 m^2, ou dont la hauteur dépasse 3 étages, et qui sont couverts par la Partie 4 du CNB. L'ossature verticale est constituée de poteaux espacés, contreventés au moyen d'éléments diagonaux, de panneaux de contreplaqué ou de panneaux d'un matériau équivalent. Les charges sont légères et les portées sont petites.

Les murs à poteaux, souvent appelés « murs à colombage », sont généralement construits à l'aide de poteaux de bois de 5 cm x 10 cm (2 po x 4 po) posés verticalement à 40 cm l'un de l'autre (figure 2-2). Ces murs sont contreventés par des panneaux de contreplaqué ou de copeaux, ou par des éléments diagonaux de bois ou d'acier.

Matériau dominant	Description du type de structure	Sigle
BOIS	Ossature légère en bois Poteaux et poutres en bois	OLB (WLF)* PPB (WPB)
ACIER	Ossature en acier résistant aux moments Ossature contreventée en acier Ossature légère en acier Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement	OAM (SMF) OCA (SBF) OLA (SLF) AMB (SCW) AMR (SIW)
BÉTON	Ossature en béton résistant aux moments Murs de béton travaillant en cisaillement Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement Ossature en béton préfabriquée Murs en béton préfabriqués	OBM (CMF) MBC (CSW) BMR (CIW) OBP (PCF) MBP (PCW)
MAÇONNERIE	Murs porteurs en maçonnerie armée avec platelages en bois ou en métal Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée	MAL (RML) MAB (RMC) MNA (URM)

* Les sigles anglais sont indiqués entre parenthèses

Tableau 2-1 : Liste des types de bâtiments

Les bâtiments à ossature ajourée de poteaux de bois se sont bien comportés lors des séismes passés à cause des qualités inhérentes à leur système structural, et parce qu'ils sont légers et de faible hauteur. Des fissures dans le plâtre et le stuc peuvent apparaître, mais elle n'altèrent pratiquement pas la force du bâtiment. En réalité, ce type de dommage absorbe une grande part des surcharges dues aux séismes. Le type le plus courant de dommage structural dans les bâtiments plus anciens provient de l'absence d'ancrage entre la superstructure et les fondations. Les maisons peuvent glisser hors de leurs fondations si elles ne sont pas boulonnées correctement à celles-ci, ce qui entraîne des dommages importants aux bâtiments de même qu'à la plomberie et aux raccords électriques. Dans de nombreuses municipalités, les codes modernes exigent que les charpentes en bois soient boulonnées à leurs fondations. Toutefois, l'année d'adoption de cette pratique varie d'une municipalité à l'autre et devrait être vérifiée.

De nombreux bâtiments plus anciens à ossature de poteaux en bois n'ont pas de fondations, ou ont des fondations faibles fabriquées en maçonnerie non armée ou en béton faiblement armé. Ces fondations n'offrent qu'une faible résistance au cisaillement et peuvent s'effondrer.

La plupart des garages ont une très grande ouverture de porte dans un mur, plus ou moins contreventé, créant ce qu'on appelle généralement un « niveau non rigide ». Ce mur n'offre pratiquement aucune résistance aux forces latérales, ce qui constitue un problème lorsqu'une charge lourde, comme plusieurs étages, est appliquée au-dessus du garage. Des immeubles à appartements construits au-dessus de garages ont subi des dommages importants au cours de séismes passés, et plusieurs se sont effondrés. Ce type de configuration devrait donc être examiné très attentivement et éventuellement renforcé.

Certaines structures à ossature en bois, spécialement dans des bâtiments plus anciens, sont recouvertes de placages de maçonnerie qui peuvent présenter un autre danger. Le placage est généralement constitué d'une paroi de brique (dont l'épaisseur est égale à celle d'une brique) fixée au mur de poteaux. Dans les bâtiments plus anciens, le placage est fixé insuffisamment ou le mortier est de qualité médiocre, ce qui fait souvent détacher le placage durant des séismes modérés et importants.

Les cheminées en maçonnerie non armée peuvent également présenter des risques pour la vie et la sécurité. Elles sont souvent mal fixées aux bâtiments et, par conséquent, tombent sous l'effet d'une forte secousse. Les cheminées en maçonnerie armée, au contraire, se comportent généralement bien.

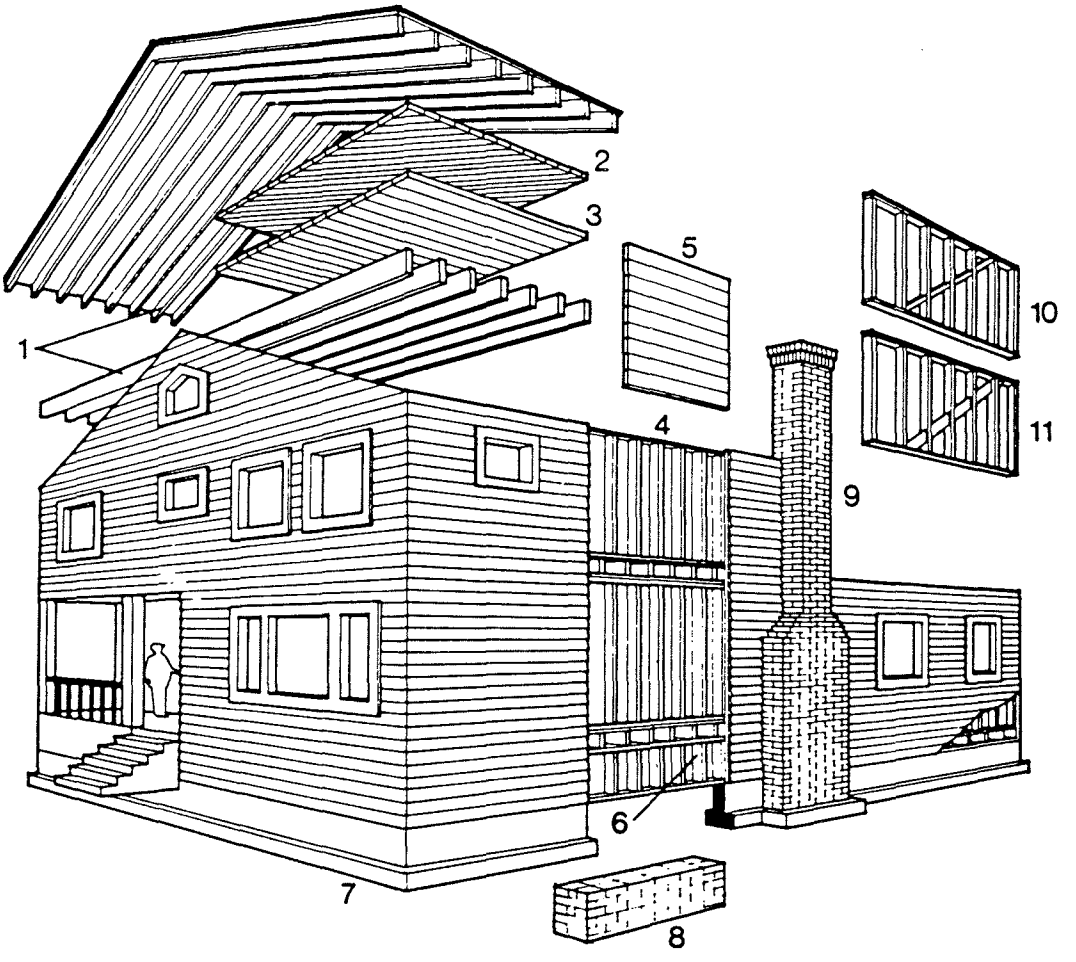
Poteaux et poutres en bois (PPB) : Les constructions de poteaux et poutres en bois sont souvent utilisées pour les bâtiments commerciaux et industriels. Ce sont généralement de grands bâtiments comme des entrepôts, des bureaux, des églises, des cinémas, des casernes de pompiers ou même de grandes stations-service. Ce type de construction est constitué de grosses pièces rectangulaires — 15 cm x 15 cm (6 po x 6 po) et plus — ou parfois de colonnes de bois circulaires contreventées ensemble par de grosses poutres ou fermes en bois. La structure est encastrée dans différents types de murs extérieurs, incluant la maçonnerie et les placages de pierre.

Les bâtiments à poteaux en gros bois d'oeuvre sont une forme de construction moins courante. Ils sont plus souvent sujets à la détérioration du bois à cause de l'exposition des colonnes, particulièrement près de la surface du sol. Ajoutée à l'existence du niveau non rigide qu'on retrouve souvent dans ce type de bâtiment, cette détérioration peut contribuer à un comportement sismique insatisfaisant.

Les bâtiments à poteaux et poutres ont tendance à bien se comporter dans les séismes, s'ils sont contreventés adéquatement. Toutefois, il arrive souvent que les murs n'ont pas suffisamment d'entretoises pour résister au mouvement horizontal et, par conséquent, ils peuvent se déformer de façon excessive.

Systèmes de portée de toit/plancher :
1. solive et chevron en bois
2. revêtement diagonal
3. revêtement droit

Systèmes de murs :
4. mur de poteaux (plate-forme ou charpente à claire-voie)
5. parement horizontal



Fondations/raccordements :
6. mur nain non contreventé
7. fondations en béton
8. fondations de brique

Contreventement et détails :
9. cheminée en brique non armée
10. contreventement diagonal
11. contreventement encastré (seulement dans les époques plus récentes).

Figure 2-2 : Ossature légère en bois (OLB)

Ces types de construction ont souvent différents types de murs extérieurs y compris des placages de maçonnerie ou de pierre pelliculaire, ce qui constitue un autre danger.

Si ce type de bâtiment a une proportion substantielle de murs de cisaillement en contreplaqué, il devrait être classifié comme bâtiment à ossature légère en bois (OLB).

Bâtiments à ossature en acier : Ces bâtiments ont tendance à se comporter d'une façon plus satisfaisante lors d'un séisme, par comparaison à d'autres types de structure, à cause de leur résistance, de leur flexibilité et de leur légèreté. Les effondrements au cours de séismes ont été très rares, bien que des bâtiments à ossature en acier se soient effondrés, par exemple, lors du tremblement de terre de Mexico en 1985. Lors de séismes survenus aux États-Unis, ces bâtiments se sont comportés relativement bien, et ne s'effondreront probablement pas, à moins qu'ils ne soient soumis à des secousses très violentes du sol. Les dommages possibles incluent :

1. Un dommage non structural à des éléments comme les cloisons intérieures, le matériel et le revêtement extérieur, résultant de flexions excessives dans les structures de l'ossature.

2. Le revêtement et le matériau de finition extérieur peut se détacher s'il est fixé insuffisamment ou incorrectement.

3. Une déformation plastique des éléments structuraux peut causer des déplacements permanents.

4. Des dommages peuvent résulter d'une collision avec des structures adjacentes.

Ossature en acier résistant aux moments (OAM) : Ce type d'ossature est constitué de colonnes et de poutres en acier (voir la figure 2-3). Dans certains cas, les éléments de fixation entre poutres et colonnes ont une très faible résistance aux moments ; dans d'autres cas, certaines des poutres et colonnes opposent une forte résistance aux forces latérales. Généralement, la structure est dissimulée par les murs extérieurs, qui peuvent être de matériaux très divers : murs rideaux, maçonnerie de brique ou panneaux en béton préfabriqués, et du côté intérieur, couverte par des plafonds et des habillages de colonnes.

Les structures à ossature en acier résistant aux moments ont généralement des largeurs de travée semblables dans la direction transversale et la direction longitudinale, soit de 7 à 10 m environ. La charpente porteuse est constituée de poutres et de colonnes réparties dans tout le bâtiment. Les diaphragmes de plancher sont généralement en béton, parfois sur platelage en acier. Les structures à ossature résistant aux moments construites depuis 1950 ont pour la plupart des panneaux préfabriqués incorporés, suspendus à l'ossature comme matériau de finition extérieur. Ces panneaux peuvent être des placages de béton préfabriqué, de pierre ou de maçonnerie, ou des panneaux de métal, de verre ou de plastique. Ce type de structure est utilisé pour les bâtiments commerciaux, les établissements de soins et de détention et les autres bâtiments publics. Il est rarement utilisé pour les immeubles résidentiels de faible hauteur.

Les vieilles structures à ossature en acier sont généralement recouvertes ou remplies de maçonnerie non armée comme de la brique, des briques creuses et des carreaux de terre cuite (voir le type AMR pour une étude détaillée). D'autres bâtiments datant de cette période sont encastrés dans le béton. Les diaphragmes de plancher ou de toit en bois et en béton sont courants pour ces bâtiments plus anciens.

Ossature contreventée en acier (OCA) : Les structures à ossature contreventée en acier ont été construites depuis la fin du XIX^{e} siècle avec un usage et un matériau de finition extérieure semblables à ceux des bâtiments à ossature résistant aux moments. Les ossatures contreventées sont parfois utilisées pour les bâtiments longs et étroits à cause de leur rigidité. Bien que ces bâtiments soient contreventés à l'aide d'éléments diagonaux, les éléments de contreventement ne peuvent généralement pas être détectés de l'extérieur du bâtiment.

Dans les ossatures à contreventement concentrique, les forces ou charges latérales sont

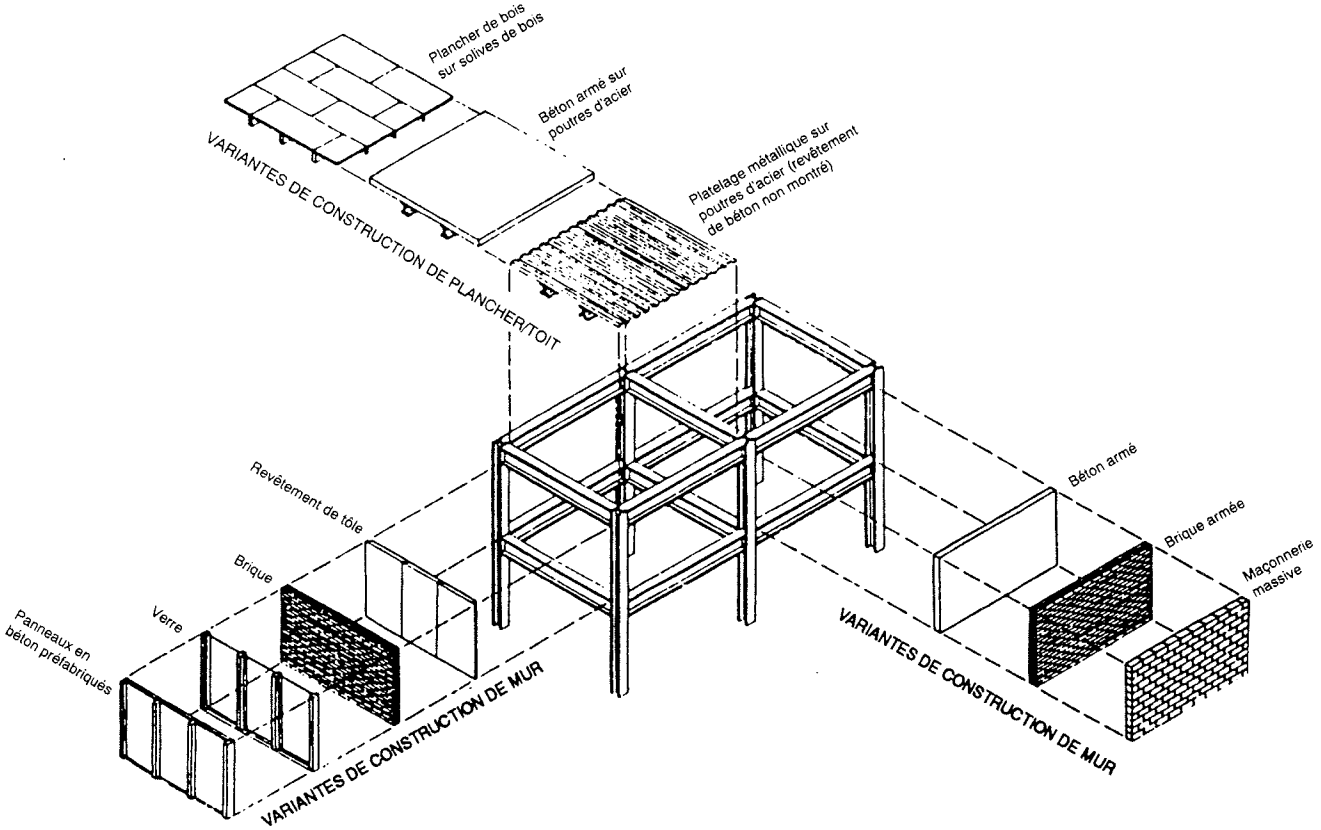


Figure 2-3 : Ossature en acier résistant aux moments (OAM)

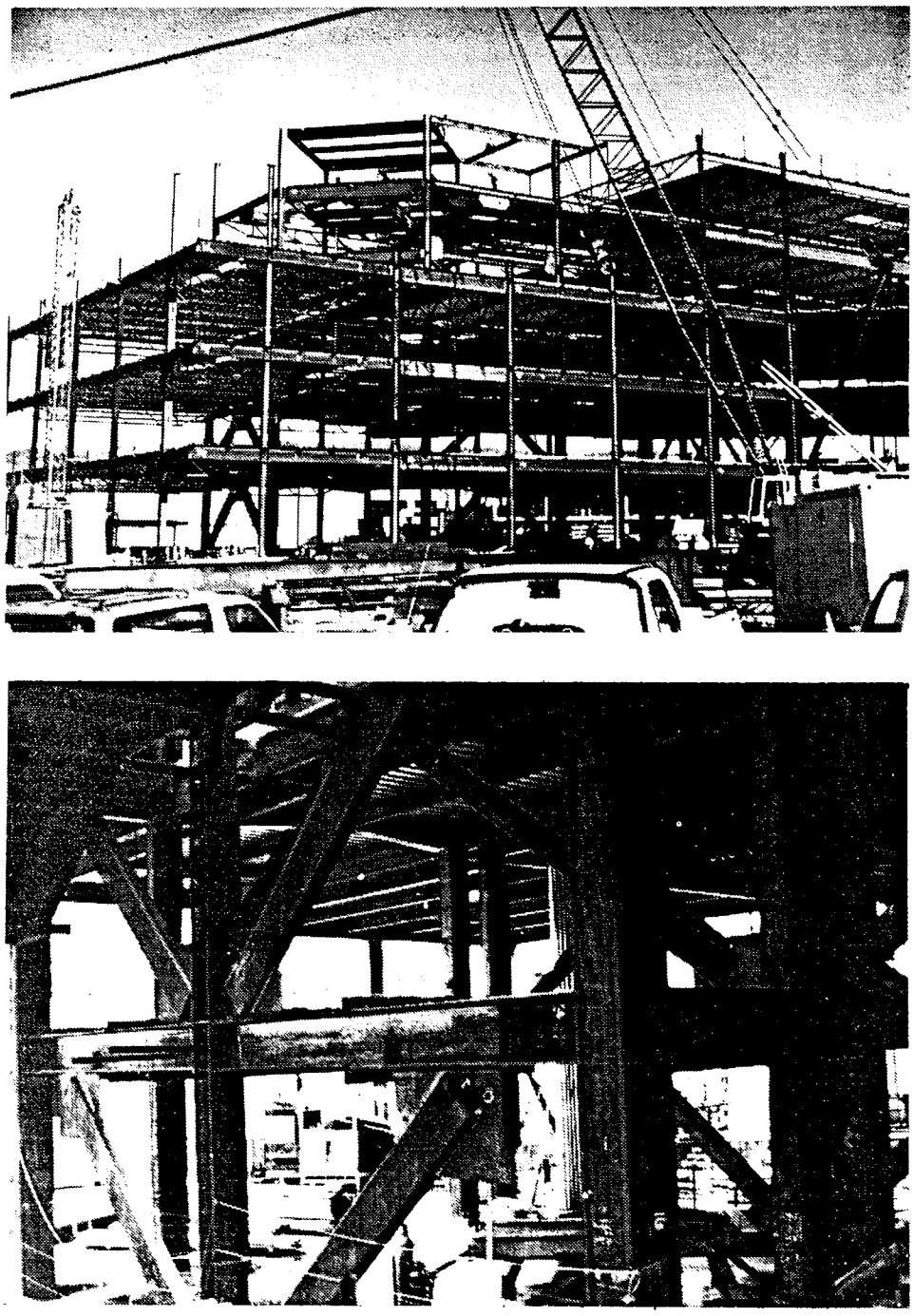


Figure 2-4 : Ossature contreventée en acier (OCA)

contrées par la résistance à la traction et à la compression du contreventement (figure 2-4). Le contreventement excentré représente un progrès dans le contreventement parasismique. Dans ce cas, le contreventement est légèrement décalé du point de fixation poutre à colonne, et la courte section de la poutre peut se déformer de façon importante sous l'effet de fortes secousses sismiques et, par conséquent, absorber une portion considérable d'énergie.

Ossature légère en acier (OLA) : La plupart des bâtiments à ossature légère qui existent aujourd'hui ont été construits après 1950 (figure 2-5). Ce type de structure est utilisé pour des bâtiments agricoles, des manufactures et des entrepôts. Il s'agit généralement de bâtiments à un étage, quelquefois avec des colonnes intérieures, et qui englobent souvent une grande surface de plancher. La construction est faite de cadres en acier répartis sur la petite dimension du bâtiment, résistant aux forces latérales et constituant ainsi l'ossature résistant aux moments. Les forces suivant la plus grande dimension sont généralement contrées par un contreventement diagonal de tiges d'acier. Ces bâtiments sont généralement recouverts d'un parement léger.

Étant donné que ces bâtiments sont bas, légers et construits d'éléments en acier, ils se comportent relativement bien lors des tremblements de terre. Ils ne s'effondrent généralement pas. On peut rencontrer les problèmes suivants :

1. Une capacité insuffisante des contreventements de tension peut provoquer leur allongement et, par suite, des dommages au bâtiment.

2. Un ancrage inapproprié aux fondations peut causer un glissement des colonnes du bâtiment.

3. Le revêtement peut parfois se détacher.

Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton (AMB) : La construction de ce type de structure (figure 2-6) est semblable à celle de l'ossature en acier résistant aux moments, en ce sens qu'une matrice de colonnes et de poutres d'acier est répartie sur toute la structure. Les joints, toutefois, ne sont pas conçus pour résister aux moments et les forces latérales sont contrées par des murs de béton travaillant en cisaillement.

Les murs de cisaillement peuvent faire partie du noyau des ascenseurs et du bloc technique, des murs extérieurs ou des murs intérieurs. Ce type de structure se comporte aussi bien pendant les tremblements de terre que les autres bâtiments à structure d'acier. Les dommages suivants sont parfois constatés :

1. Des crevasses de cisaillement et de la fatigue peuvent se produire autour des ouvertures dans les murs de béton travaillant en cisaillement.

2. Les joints de construction des murs sont parfois des parties faibles, ce qui peut occasionner un effondrement des murs de cisaillement avant que ne soit atteint le niveau de résistance prévu.

3. Des longueurs de chevauchement insuffisantes dans l'acier d'armature verticale peuvent mener à une rupture des murs par flexion.

Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (AMR) : Ce type de construction (figure 2-7) comprend une ossature en acier et des murs « remplis » de maçonnerie non armée (MNA). Dans d'autres bâtiments, les diaphragmes sont souvent en bois. Les bâtiments plus récents ont des planchers en béton armé. À cause du remplissage de maçonnerie, la structure a tendance à être très rigide. Pendant des séismes majeurs, les murs de remplissage peuvent subir une fissuration et une détérioration substantielles, ce qui réduit leur rigidité. Ceci a pour effet d'augmenter la charge sur la charpente. Certains des murs pourront s'effondrer alors que d'autres resteront intacts, ce qui causera des problèmes de torsion ou de niveaux non rigides. Les risques dus à des chutes de fragments de maçonnerie sont importants, étant donné que ces bâtiments peuvent avoir plus de 20 étages de hauteur. On peut retrouver les dommages suivants :

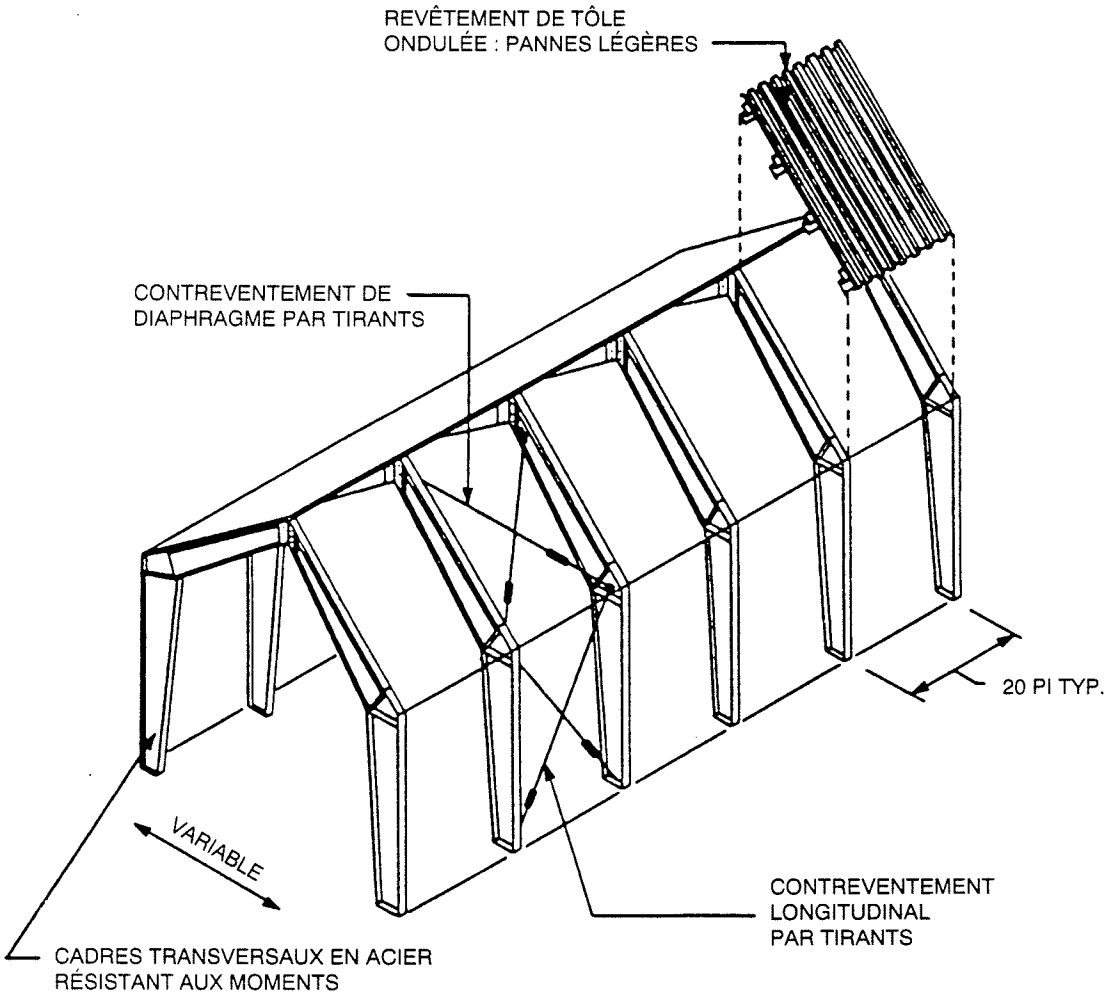


Figure 2-5 : Ossature légère en acier (OLA)

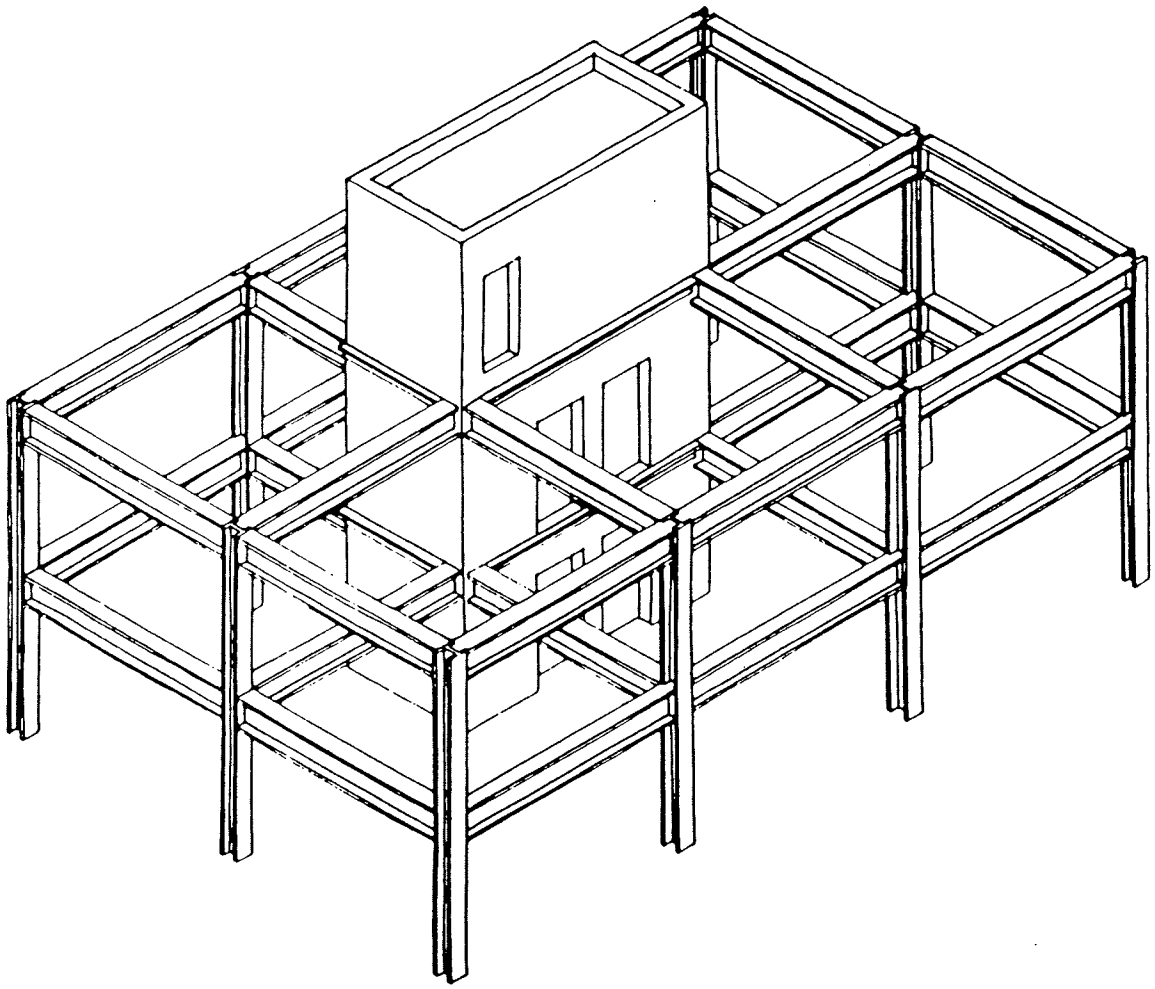
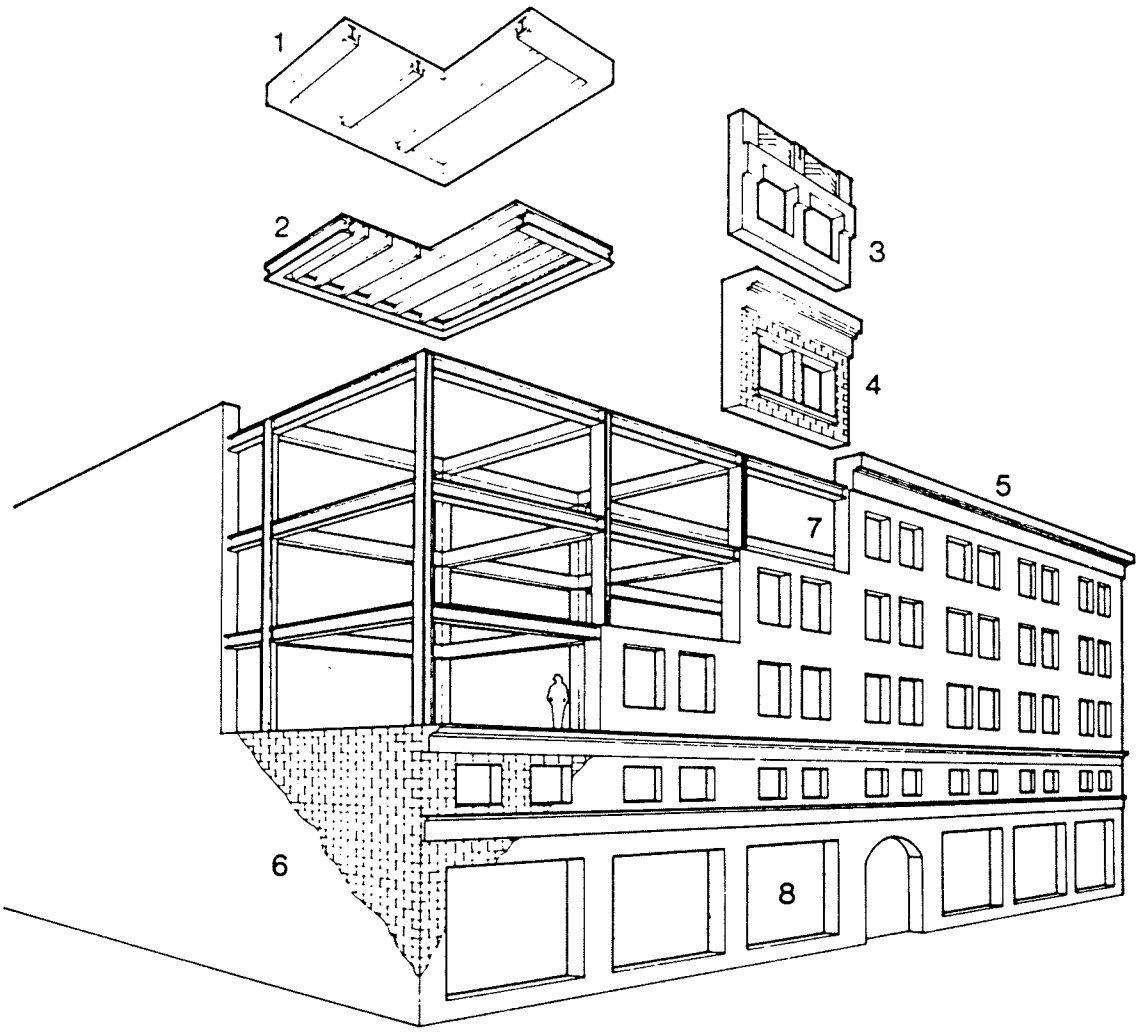


Figure 2-6 : Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton (AMB)

Systèmes de portée toit/plancher :
1. ossature en acier avec revêtement de béton
2. solives de plancher et diaphragme en bois (diagonal et droit)

Systèmes de murs :
3. mur non porteur en béton
4. mur de revêtement non porteur en maçonnerie non armée



Détails :
5. parapet et corniche non armés et non contreventés
6. murs mitoyens pleins

Ouvertures et pénétrations dans les murs :
7. façade percée de fenêtres
8. grandes ouvertures de boutiques au niveau de la rue

Figure 2-7 : Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (AMR)

1. Les murs de remplissage ont tendance à se gauchir et à tomber hors plan lorsqu'ils sont soumis à des forces latérales importantes. Comme les murs de remplissage sont non porteurs, ils sont généralement minces (soit environ 23 cm ou 9 po au maximum) et ils n'offrent pas de résistance additionnelle au cisaillement dû à la compression.

2. Le placage de maçonnerie autour des colonnes ou des poutres est généralement mal ancré aux éléments structuraux et peut se détacher et tomber.

3. Les cloisons de remplissage intérieures et d'autres éléments non structuraux peuvent être sérieusement endommagés et s'effondrer.

4. Niveau non rigide, aux endroits où il y a des murs de remplissage aux étages supérieurs mais non au rez-de-chausseé. La différence de rigidité crée une forte charge sur les poteaux du rez-de-chaussée, ce qui cause des dommages structuraux.

5. Lorsque les forces sismiques sont très grandes, l'ossature en acier peut s'effondrer à certains endroits. Les assemblages entre les éléments ne sont généralement pas conçus pour des charges latérales élevées (sauf dans les bâtiments de grande hauteur) et peuvent conduire à des dommages. Bien que l'effondrement complet d'une telle structure se soit rarement produit, on ne peut exclure cette possibilité.

Ossature en béton résistant aux moments (OBM) : Cette catégorie comprend deux sous-types de construction : a) les ossatures en béton armé non ductile sans murs de remplissage armés, et b) les ossatures en béton armé ductile. Les bâtiments les plus courants de ces deux types sont ceux à ossature en béton armé non ductile, sans murs de remplissage armé, construits à peu près entre 1950 et 1972 (figure 2-8). On retrouve encore actuellement ce type de construction dans de nombreuses régions du Canada. Ce groupe comprend les gros bâtiments commerciaux à plusieurs étages, les établissements de soins et de détention et les immeubles résidentiels construits à partir de charpentes à plancher plan, à dalles à caisson et de charpentes du type standard à poutres et poteaux. Ces structures sont généralement plus massives que les bâtiments à ossature en acier, sont sous-renforcées (c.-à-d. qu'elles n'ont pas suffisamment d'acier d'armature noyé dans le béton) et montrent une faible ductilité. On y rencontre les problèmes suivants :

1. Un grand espacement des armatures transversales dans les poteaux peut conduire à un manque de confinement du béton ou à une rupture en cisaillement.

2. La pose de barres nervurées inadéquates en un même endroit peut conduire à une rupture de poteau.

3. Une résistance au cisaillement insuffisante dans les poteaux peut mener à une rupture en cisaillement avant l'apparition d'une résistance aux moments.

4. Un ancrage de cisaillement insuffisant peut conduire à une rupture fragile prématurée en cisaillement ou compression.

5. Le manque de continuité dans l'armature des poutres peut produire la formation d'une charnière durant l'inversion de charge.

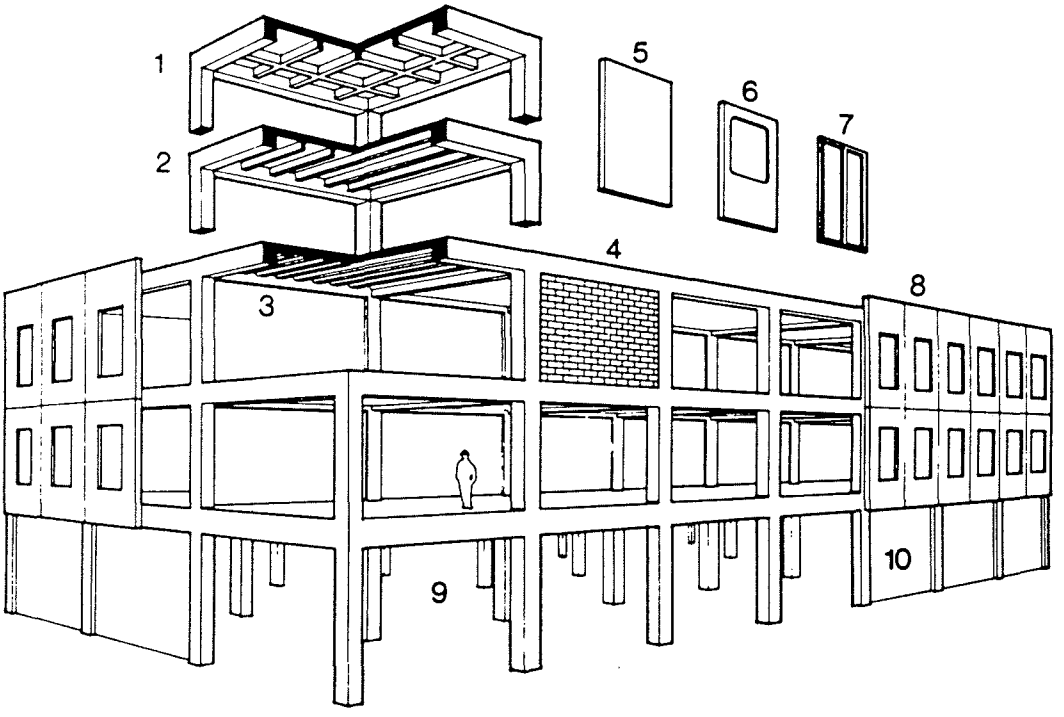
6. Un renforcement inadéquat des assemblages poutres à poteaux ou la présence de joints dans l'armature des portes tout près des poteaux peut mener à des ruptures.

7. La rigidité relativement faible de l'ossature peut mener à des dommages non structuraux substantiels.

8. Des dommages peuvent résulter d'une collision avec des bâtiments adjacents.

Diaphragmes toiture/plancher :
1. dalles à caisson en béton
2. solives et dalles en béton
3. platelage en acier avec chape de nivellement en béton

Mur rideau/remplissage non structural :
4. murs de remplissage en maçonnerie
5. panneaux de pierre
6. panneaux de revêtement métallique
7. panneaux de verre
8. panneaux en béton préfabriqué



Système structural :
9. ossature en béton répartie

Détails :
10. exemple de premier étage élevé (niveau non rigide)

Figure 2-8 : Ossature en béton résistant aux moments (OBM)

Système de portée toiture/plancher :
1. toiture en chevrons de gros bois d'oeuvre
2. solives et dalles en béton
3. plancher plan en béton

Système de murs :
4. murs porteurs intérieurs et extérieurs en béton
5. grandes ouvertures de fenêtre d'écoles et d'hôpitaux

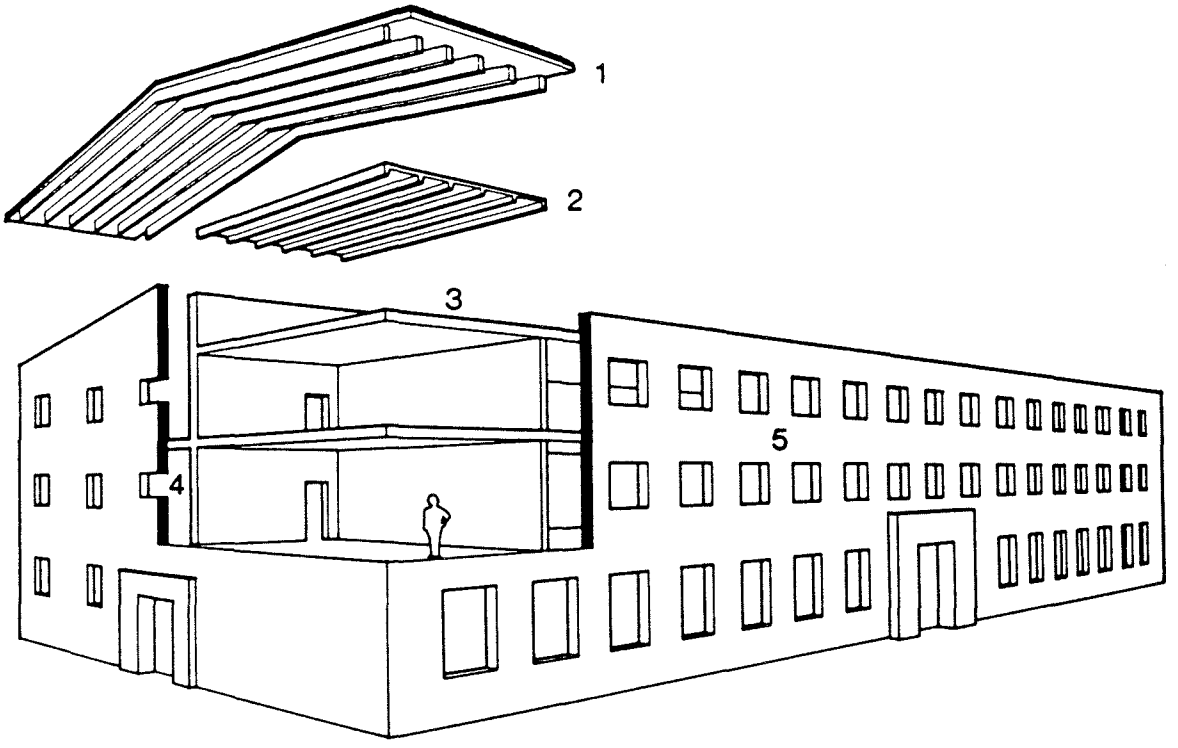


Figure 2-9 : Murs de béton travaillant en cisaillement (MBC)

Il est nécessaire que les ossatures en béton résistant aux moments construites récemment soient munies de détails de renforcement spéciaux en vue de fournir une ductilité satisfaisante. C'est une exigence dans les zones de sismicité élevée au Canada depuis le milieu des années 70.

Murs de béton travaillant en cisaillement (MBC) : Cette catégorie comprend les bâtiments ayant un système structural de murs en béton ou des structures à ossature avec murs travaillant en cisaillement (figure 2-9). La structure entière, y compris le diaphragme usuel en béton, est généralement coulée sur place. De tels systèmes à « caisse » ont souvent été utilisés pour les écoles, les églises et les bâtiments industriels. Les bâtiments à ossature avec murs de cisaillement sont le plus souvent des bâtiments commerciaux et industriels. Un entrepôt avec murs périmétriques en béton est un exemple courant de ce type de construction.

Les bâtiments à mur de béton travaillant en cisaillement construits depuis le début des années 50 sont le plus souvent des établissements de soins ou de détention et des immeubles commerciaux et résidentiels, qui ont de un à trente étages ou plus. Les immeubles résidentiels de ce type sont souvent des tours de hauteur moyenne. Les murs de cisaillement dans ces bâtiments plus récents peuvent être situés le long du périmètre, comme cloisons intérieures, ou autour du bloc technique.

Ce type de bâtiment se comporte généralement mieux que les bâtiments à ossature en béton. Il est relativement lourd par rapport aux bâtiments à ossature en acier, mais il est aussi rigide grâce à la présence de murs de cisaillement. Certains types de dommages observés couramment dans les bâtiments plus élevés sont causés par des discontinuités verticales, des collisions ou une configuration irrégulière. On peut aussi retrouver les dommages particuliers suivants :

1. Des crevasses de cisaillement et de la fatigue peuvent se produire autour des ouvertures, durant des séismes importants, dans les murs de béton travaillant en cisaillement.

2. Des ruptures de cisaillement peuvent se produire aux joints de construction de mur généralement à un niveau de charge inférieur à la capacité prévue.

3. Des ruptures par flexion peuvent résulter de longueurs de chevauchement insuffisantes de l'acier des membrures de poutre.

Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (BMR) : Cette catégorie comprend des bâtiments qui ont une ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie armée ou non armée (figure 2-10). Ces bâtiments sont généralement faits d'éléments plus gros, bien que le nombre et le détail des renforts soient plus importants. Ces ossatures en béton ont été utilisées tant pour des structures commerciales que des structures industrielles, et comptent généralement plus de trois étages. Les risques de ces bâtiments plus anciens sont semblables à ceux des charpentes plus récentes, mais peuvent être plus graves. Un mur de remplissage en maçonnerie non armée (MNA) peut toujours présenter un risque de chute d'objets. Le mécanisme de rupture d'un mur de remplissage en MNA dans une ossature en béton est le même que celui d'un mur de remplissage dans une ossature en acier.

Ossature en béton préfabriquée (OBP) : Les constructions à ossature en béton préfabriquée mises au point pendant les années 30 n'ont pas été utilisées largement avant les années 60. L'ossature en béton préfabriquée (figure 2-11) est essentiellement un système de poteaux et poutres en béton dans lequel les colonnes, les poutres et les dalles sont préfabriquées, puis assemblées sur place. Différents types d'éléments sont utilisés. Les éléments verticaux porteurs de charge peuvent être des T, des croix ou des arches, et ont souvent plus d'un étage de hauteur. Les poutres sont le plus souvent des sections en T, en double T ou des sections rectangulaires. On utilise souvent la précontrainte des éléments par pré-tension et post-tension.

Le comportement sismique de ce type de structure varie grandement et s'avère parfois médiocre. Ce type de bâtiment peut bien se

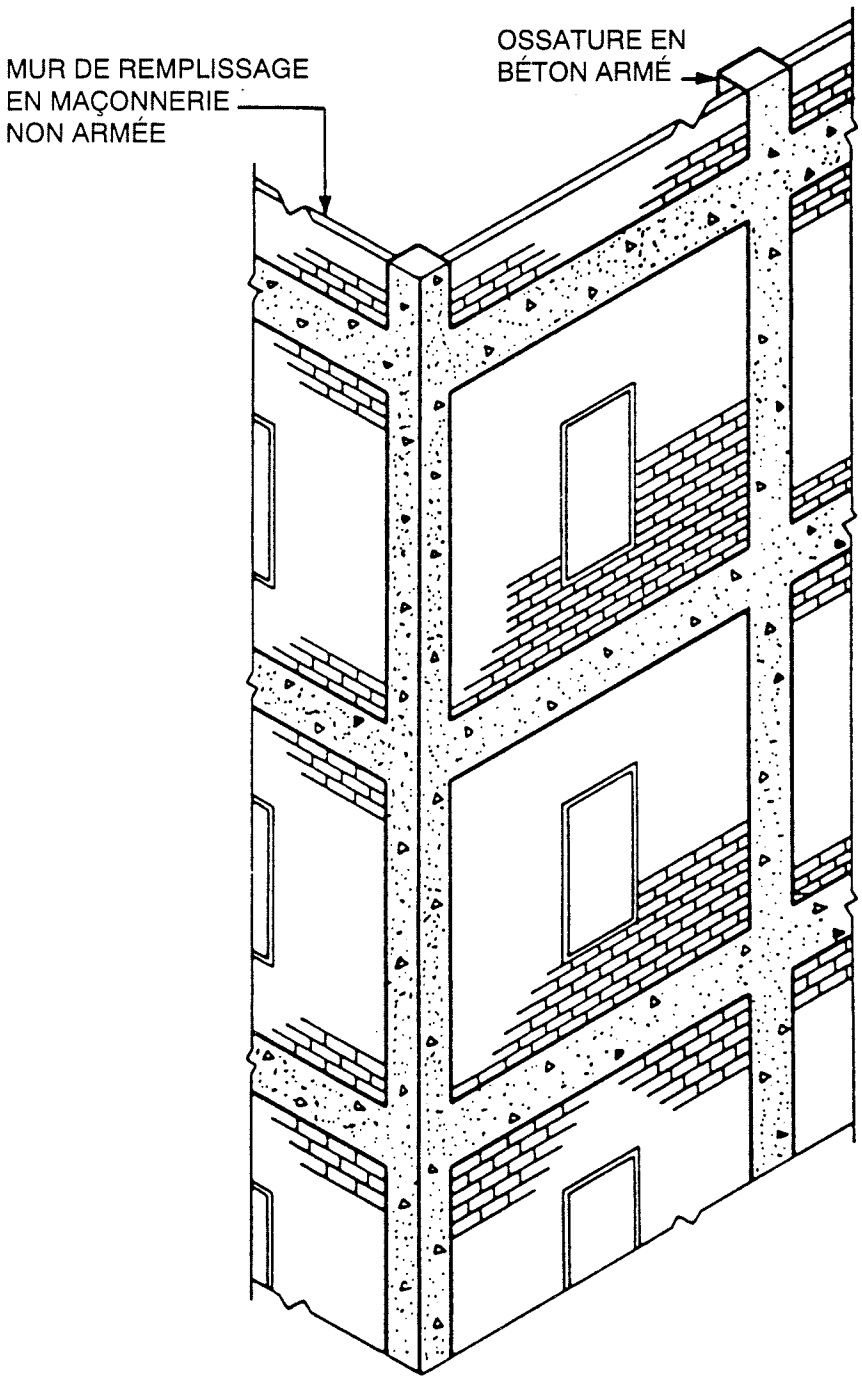
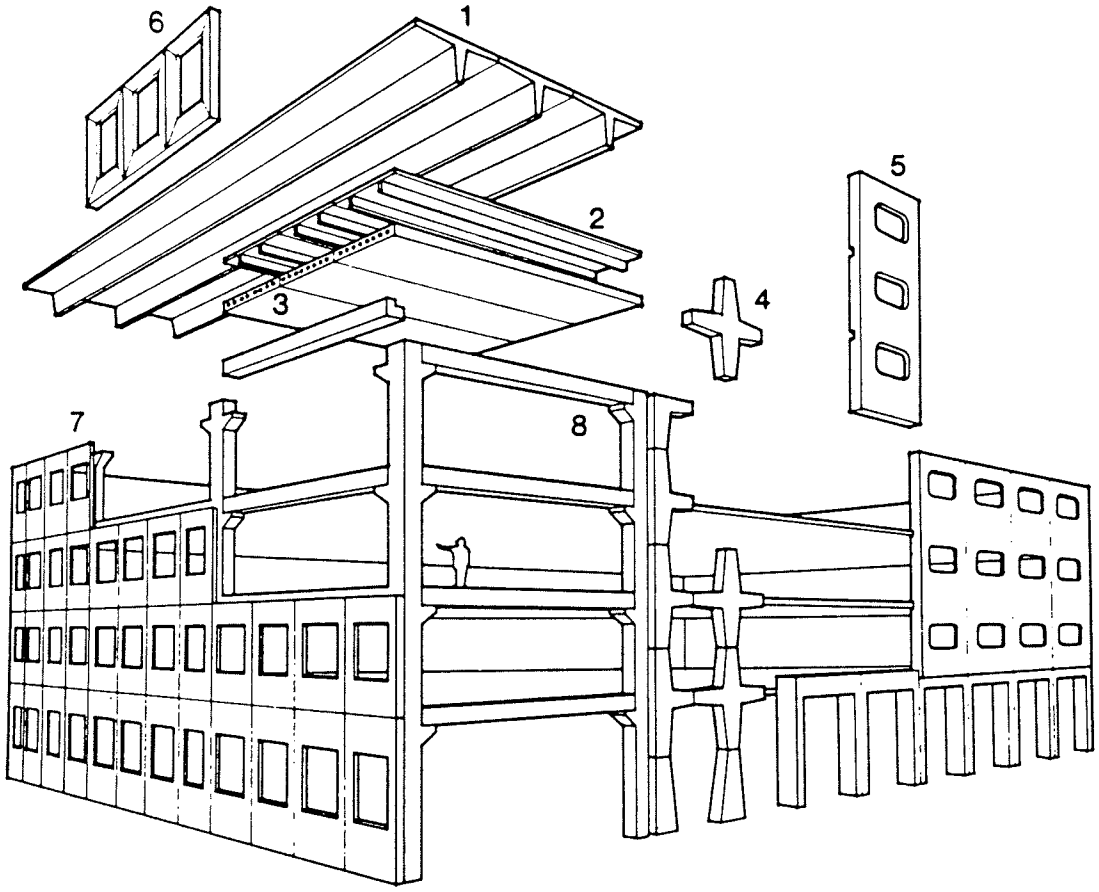


Figure 2-10 : Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (BMR)

Systèmes de portée toiture/plancher :
1. sections structurales en T en béton
2. sections structurales double en T
3. dalle de béton à âme creuse

Systèmes de mur :
4. éléments d'ossature porteurs (croix)
5. panneaux porteurs à plusieurs étages



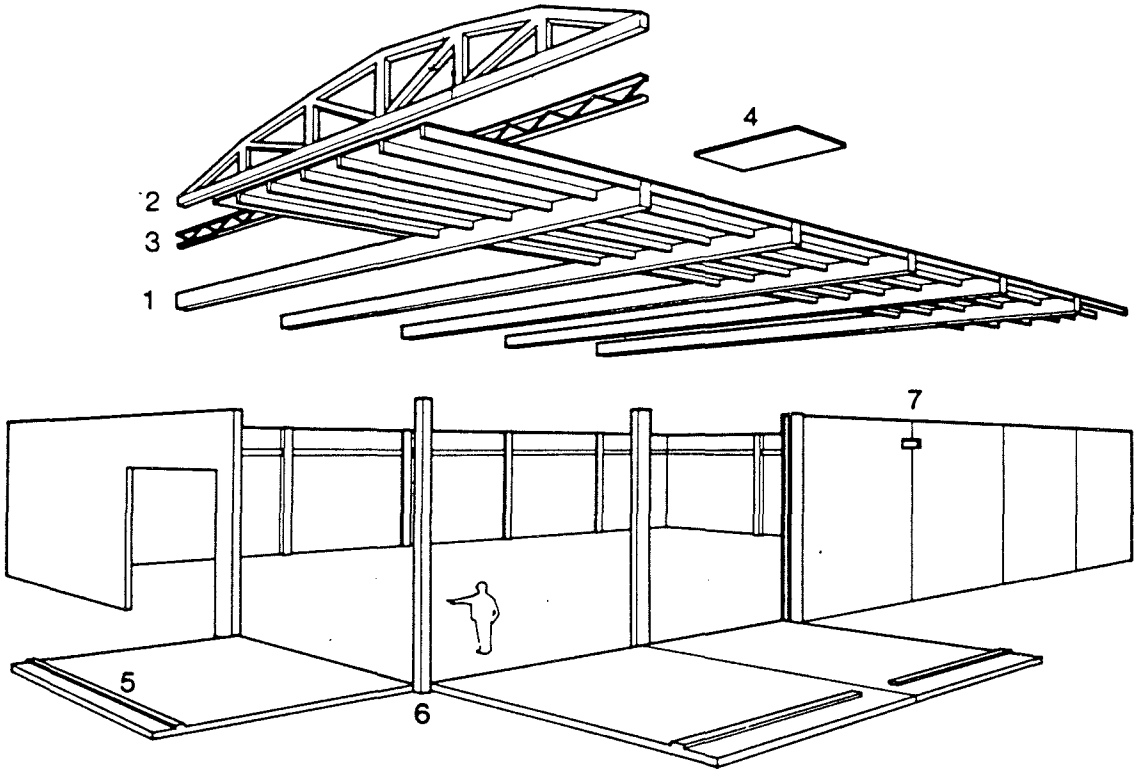
Systèmes de mur rideau :
6. panneaux de béton préfabriqués
7. panneaux de métal, de verre ou de pierre

Système structural :
8. poteaux et poutres préfabriqués

Figure 2-11 : Ossature en béton préfabriquée (OBP)

Systèmes de portée toiture/plancher :
1. poutre et solive lamellées-collées
2. ferme en bois
3. solive légère à âme en acier

Diaphragmes toiture/plancher :
4. revêtement de contreplaqué



Détails:
5. moise en bois fixée au moyen de boulons d'ancrage pour support de toiture/plancher

Systèmes de mur :
6. colonnes coulées sur place - carrées, en forme de T et en forme de H
7. raccordement de panneau de type à plaque d'acier soudée

Figure 2-12 : Murs en béton préfabriqués (MBP) (La construction à mise en place par relèvement peut intégrer une ossature en acier et des systèmes de murs préfabriqués)

comporter si les pièces d'assemblage des éléments structuraux ont une résistance et une ductilité (ténacité) suffisantes. Les problèmes qui suivent sont particuliers aux ossatures en béton préfabriquée :

1. Des pièces d'assemblage plus ou moins bien conçues entre les éléments préfabriqués peuvent se rompre.

2. Des tensions accumulées ou des écartements peuvent se produire par suite du retrait ou du fluage.

3. Une perte de support vertical peut se produire à cause d'une surface portante inadéquate ou de pièces d'assemblage insuffisantes entre éléments de diaphragme de plancher, poutres, panneaux muraux et colonnes.

4. Il peut se produire de la corrosion au niveau des connecteurs de métal entre les éléments préfabriqués.

5. Les éléments d'assemblage à la base des colonnes préfabriquées et des panneaux muraux peuvent être inadéquats.

Les structures de ce type, qui utilisent des murs de cisaillement en béton coulés sur place pour la résistance aux charges latérales, devraient être traitées comme des structures à murs de béton travaillant en cisaillement (MBC).

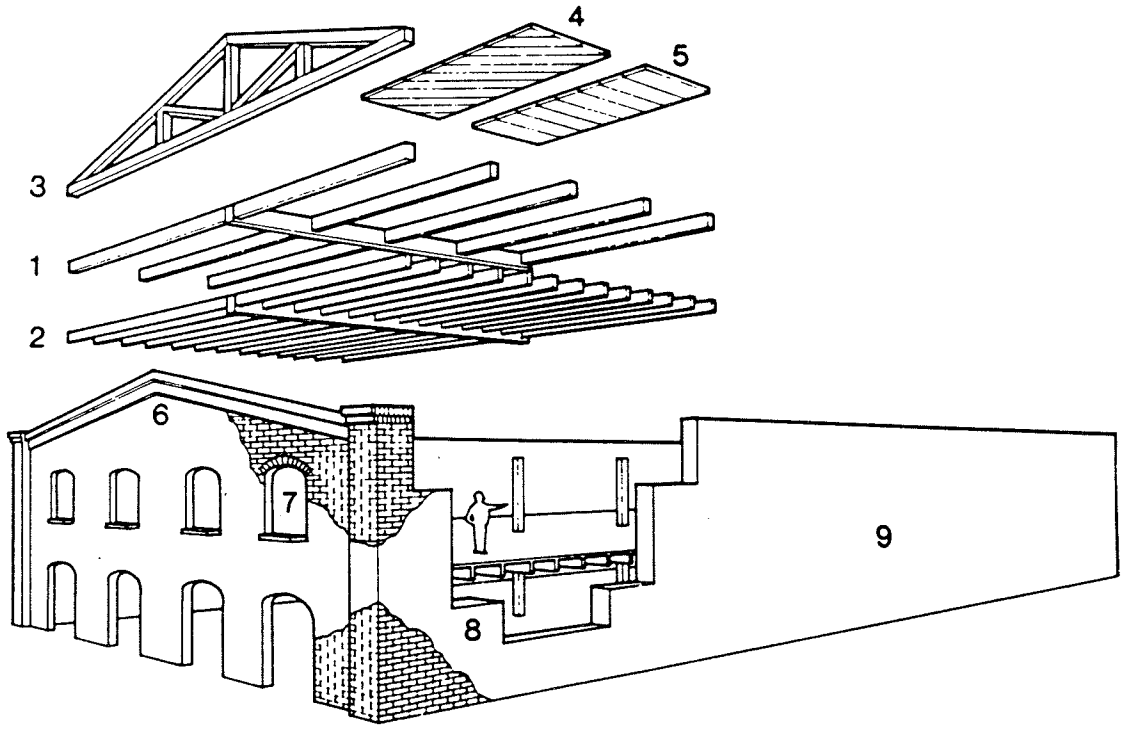
Murs en béton préfabriqués (MBP) : La plupart des constructions de ce type utilisent la méthode de mise en place par relèvement. Dans les bâtiments classiques mis en place par relèvement (figure 2-12), les panneaux muraux en béton sont coulés au sol puis relevés dans leur position finale. Plus récemment, les panneaux muraux ont été fabriqués hors chantier puis transportés sur place. Les panneaux muraux sont soudés ensemble ou maintenus en place par des poteaux coulés sur place ou des colonnes en acier, suivant la région. Les poutres de plancher et de toit sont souvent des solives en bois lamellé-collé ou des solives en acier à âme ouverte, qui sont attachées aux panneaux muraux mis en place par relèvement ; ces panneaux peuvent être porteurs ou non porteurs, suivant la région. Ces bâtiments sont généralement des bâtiments industriels ou des immeubles à bureaux de faible hauteur.

De nombreux bâtiments mis en place par relèvement ne sont pas munis de raccordements ou d'ancrages suffisamment forts entre les murs et les diaphragmes de toiture et de plancher. Durant un tremblement de terre, les ancrages faibles sortent des murs, causant l'effondrement des planchers ou des toits. Les raccords entre les panneaux de béton sont également vulnérables à la rupture. Sans ces raccords, les bâtiments perdent la plus grande partie de leur capacité de résistance aux forces latérales. Pour ces raisons, de nombreux bâtiments mis en place par relèvement ont été endommagés durant le tremblement de terre de San Fernando en 1971. Depuis 1975, on a modifié les méthodes de construction faisant appel à la mise en place par relèvement dans les zones sismiques du Canada, de sorte qu'on exige maintenant des raccordements sûrs entre murs et diaphragmes. Toutefois, un grand nombre de ces bâtiments mis en place par relèvement avant les années 70, existent toujours et n'ont pas été modifiés de façon à corriger ce défaut d'ancrage dans les murs. Des dommages à ces bâtiments ont été de nouveau observés lors du tremblement de terre de Whittier en 1987, en Californie. Ces bâtiments constituent une des sources principales de risque sismique. Dans les zones de sismicité faible ou modérée, des éléments d'ancrage de mur inadéquats sont encore utilisés. Des secousses violentes du sol dans de telles zones pourraient produire des dommages majeurs à de nombreux bâtiments mis en place par relèvement.

Murs porteurs en maçonnerie armée avec platelages en bois ou en métal (MAL) : Les bâtiments en maçonnerie armée sont le plus souvent des structures à mur porteur périmétrique de faible hauteur, souvent avec platelage en bois, bien que le platelage en acier soit parfois utilisé. Les assemblages de plancher et de toiture sont généralement constitués de solives et poutres en gros bois d'oeuvre, de poutres lamellées-collées ou de solives légères en acier. Les murs porteurs sont constitués d'unités de maçonnerie armée et jointoyées, creuses ou pleines. Les supports intérieurs, le cas échéant, sont souvent des colonnes en bois ou en acier, des ossatures à poteaux de bois ou des murs en maçonnerie. Ce type de bâtiment

Systèmes de portée de toiture/plancher :
1. poteaux et poutres de bois (gros bois d'oeuvre)
2. poteaux, poutres et solives en bois (construction d'usine)
3. fermes de bois - inclinaison et courbure

Diaphragmes de toiture/plancher :
4. revêtement diagonal
5. revêtement droit



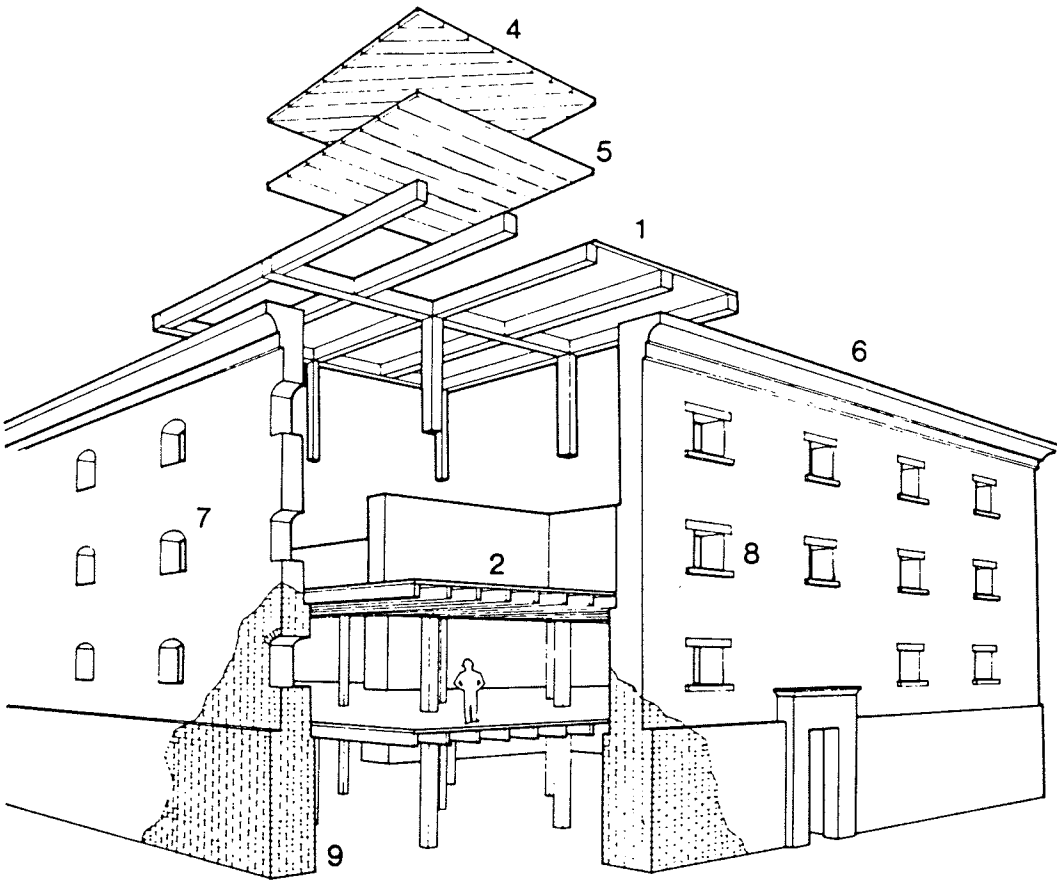
Détails :
6. exemples de parapet et corniche non contreventés
7. baies de fenêtres à arc plat

Systèmes de murs :
8. mur porteur - quatre épaisseurs de briques ou plus
9. exemple de long mur mitoyen plein

Figure 2-13a : Murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA)

Systèmes de portée de toiture/plancher :
1. poteaux et poutres en bois (gros bois d'oeuvre)
2. poteaux, poutres et solives en bois (constructions d'usine)
3. fermes en bois - inclinaison et courbure

Diaphragmes de toiture/plancher :
4. revêtement diagonal
5. revêtement droit



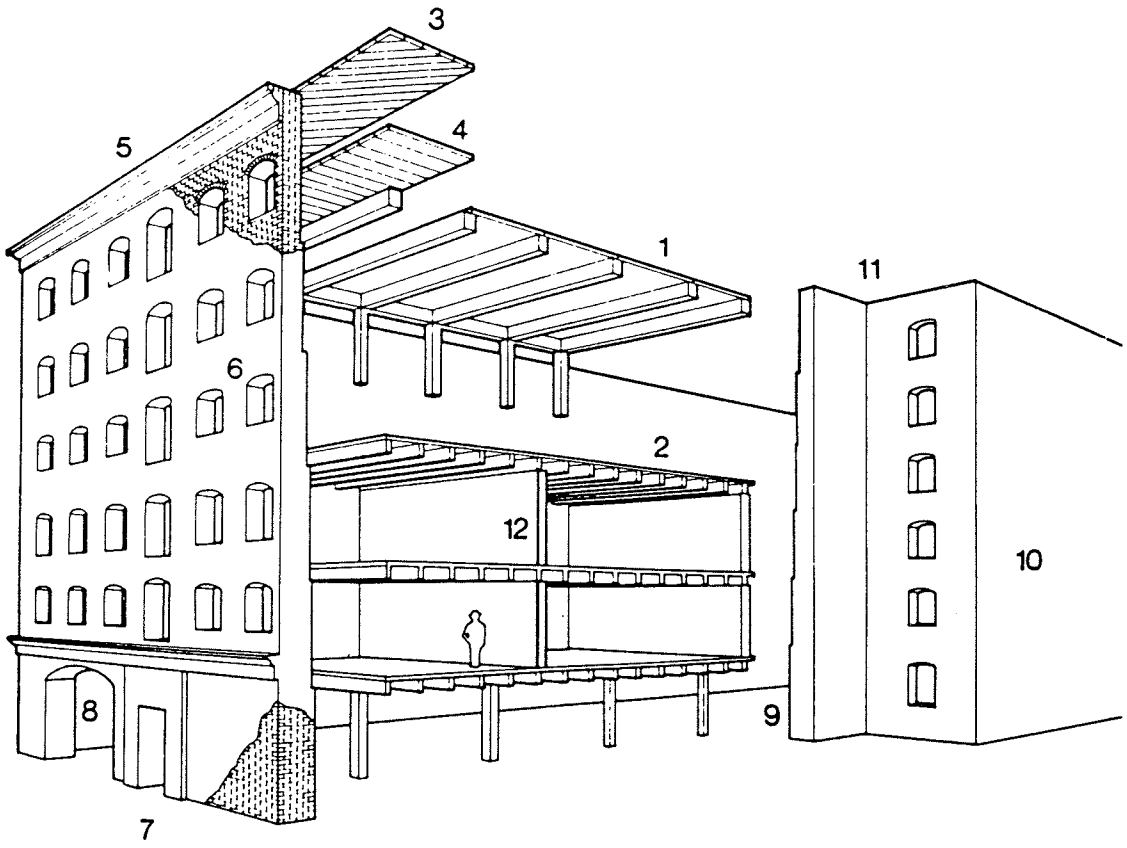
Détails :
6. exemples de parapet et corniche non contreventés
7. baies de fenêtre à arc plat
8. petites fenêtres (si le bâtiment était à l'origine un entrepôt)

Systèmes de murs :
9. mur porteur - de quatre à huit épaisseurs de briques

Figure 2-13b : Murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA)

Systèmes de portée de toiture/plancher :
1. poteaux et poutres en bois (gros bois d'oeuvre)
2. poteaux, poutres et solives en bois (construction d'usine)

Diaphragmes de toiture/plancher :
3. revêtement diagonal
4. revêtement droit



Détails :
5. exemples de parapet et corniche non contreventés
6. baies de fenêtre à arc plat
7. ouverture de façade type des immeubles résidentiels
8. grandes ouvertures pour boutiques du rez-de-chaussée

Systèmes de murs :
9. mur porteur - de quatre à huit épaisseurs de briques
10. exemple de long mur mitoyen plein
11. puits de lumière/ventilation dans un immeuble résidentiel
12. murs mitoyens non structuraux à poteaux de bois

Figure 2-13c : Murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA)

peut servir soit à des petits établissements commerciaux, soit comme bâtiment résidentiel ou industriel. De façon générale, il a moins que cinq étages de hauteur, bien qu'il existe de nombreux bâtiments en maçonnerie de hauteur moyenne.

Les bâtiments en maçonnerie armée peuvent bien se comporter lors de séismes modérés s'ils sont renforcés et jointoyés adéquatement, et si l'ancrage des diaphragmes est suffisant. Un des problèmes majeurs consiste à contrôler la qualité d'exécution durant la construction. Des méthodes de construction médiocres peuvent donner des murs non jointoyés et insuffisamment armés. Ces conditions ont amené plusieurs effondrements lors du tremblement de terre d'Alaska de 1964. Dans les cas où la méthode de construction est adéquate, un renforcement insuffisant peut être la cause de graves dommages au mur. Le manque d'éléments d'assemblage sûrs entre les diaphragmes de plancher/toiture et les murs constitue également un problème.

Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton (MAB) : Les bâtiments en maçonnerie armée ont également des diaphragmes en béton (construction de plancher et de toiture). Les autres renseignements sont semblables à ceux qui ont été donnés pour les MAL. Un ancrage et des éléments d'assemblage médiocres des diaphragmes en béton préfabriqués peuvent être la cause de dommages reliés aux séismes.

Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA) : La majorité des structures à murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA) dans l'ouest du Canada et au Québec ont été construites avant les années 40 (figures 2-13 a, b, c), bien que ce type de construction ait été en usage dans certaines zones de sismicité modérée ou élevée jusqu'à la fin des années 40 ou 50. Ces bâtiments ont généralement de un à six étages de hauteur et servent principalement à des fins commerciales, résidentielles et industrielles. La construction varie suivant le type d'usage, bien que les diaphragmes de plancher et de toit en bois soient courants dans les bâtiments plus anciens. Les bâtiments commerciaux et résidentiels plus petits ont généralement un plancher en bois léger et des solives de toit légères, soutenues sur le mur périmétrique en MNA et sur des cloisons intérieures porteuses en bois. Les plus gros bâtiments, comme les entrepôts industriels, ont des planchers et des poteaux intérieurs plus lourds, généralement en bois. Les murs porteurs de ces bâtiments industriels sont généralement épais, souvent jusqu'à 61 cm (24 po) d'épaisseur ou plus à la base. Les épaisseurs de mur des immeubles résidentiels varient de 23 cm (9 po) pour les étages supérieurs à 46 cm (18 po) pour les étages inférieurs.

Les structures en maçonnerie non armée constituent probablement le type de structure le plus dangereux. On a observé leur effondrement dans plusieurs modes au cours de séismes passés. Les problèmes particuliers sont les suivants :

1. Ancrage insuffisant - Lorsque les murs, les parapets et les corniches ne sont pas ancrés solidement aux planchers, ils ont tendance à se détacher. L'effondrement des murs porteurs peut mener à l'effondrement du bâtiment. Certains de ces bâtiments ont été munis d'ancrages au moment de la construction d'origine, d'autres au cours d'une modernisation. Les ancrages plus anciens affichent une performance douteuse.

2. Minceur des murs - Certains de ces bâtiments ont des étages de grande hauteur et des murs minces. Cette situation, spécialement dans le cas de murs non porteurs, peut causer un gauchissement des murs sous l'effet d'une charge latérale importante. L'effondrement de murs non porteurs présente un risque de chute d'objets, alors que l'effondrement de murs porteurs peut mener à un effondrement partiel ou total de la structure.

3. Faible résistance au cisaillement - Le mortier utilisé dans ces bâtiments plus anciens est souvent fait de limon et de sable, contenant peu d'eau ou de ciment, et offre très peu de résistance au cisaillement. Les murs porteurs seront endommagés lourdement et pourront s'effondrer sous des charges importantes.

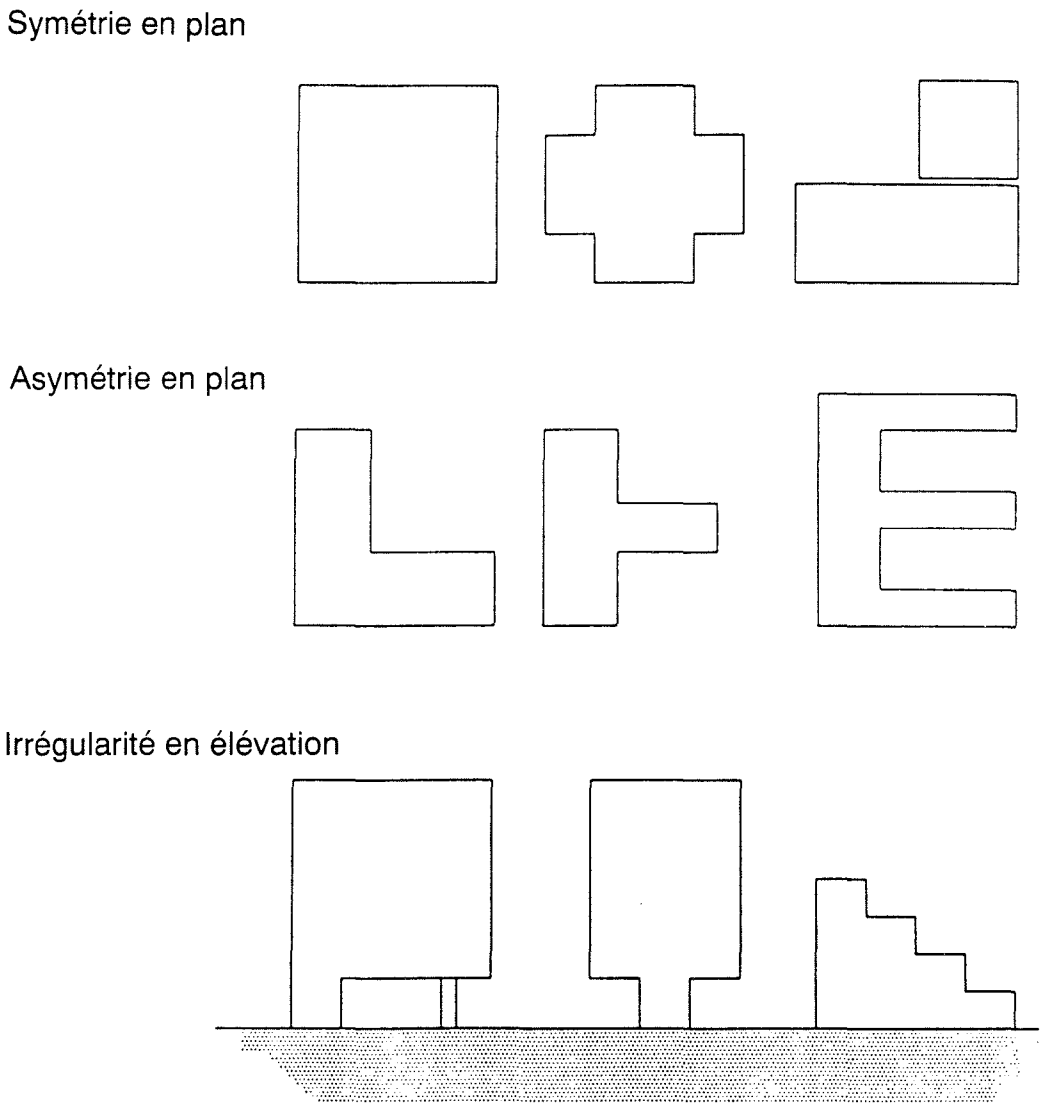


Figure 2-14 : Configuration de bâtiment : symétrie, asymétrie et irrégularité

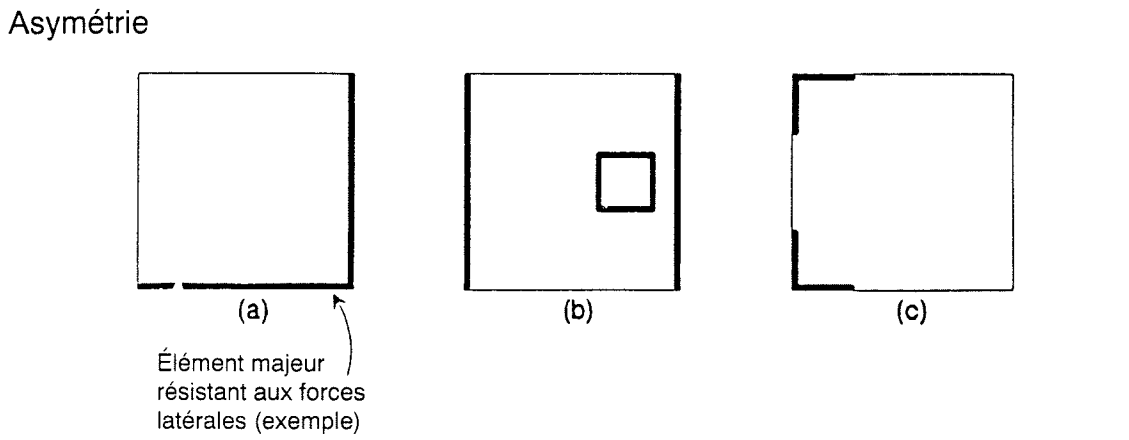


Figure 2-15 : Symétrie et asymétrie de systèmes résistant aux charges

4. Déformation excessive du diaphragme - Étant donné que la plupart des diaphragmes de bois sont construits de panneaux de revêtement en bois, ils sont très flexibles et permettent une déformation hors plan au mur dans un axe transversal par rapport à la direction de la force. Le grand déplacement, qui se produit à la ligne faîtière, peut causer un effondrement du mur de maçonnerie sous son propre poids. Ce problème est moins sérieux dans les zones de sismicité moyenne.

2.4 Problèmes de configuration

La configuration, ou la forme générale verticale ou horizontale des bâtiments, est un facteur important dans le comportement sismique et les dommages qui en résultent. Les bâtiments à configurations simple, régulière et symétrique, affichent généralement la meilleure performance pendant les séismes. Les raisons en sont les suivantes : 1) les bâtiments non symétriques tendent à se tordre en plus d'être secoués latéralement, et 2) les différentes ailes d'un bâtiment tendent à agir indépendamment, ce qui produit des mouvements différentiels, des fissurations et autres dommages. Le mouvement rotationnel introduit un dommage supplémentaire, spécialement aux angles intérieurs du bâtiment. La figure 2-14 montre quelques plans de bâtiments symétriques et asymétriques.

Le terme « configuration » se réfère aussi bien à la géométrie des systèmes résistant aux charges latérales qu'à la géométrie du bâtiment. Il peut exister une asymétrie dans la disposition des systèmes de contreventement, des murs de cisaillement ou des ossatures résistant aux moments qui sont utilisés pour fournir la résistance parasismique dans un bâtiment. Ce type d'asymétrie peut causer une torsion ou un mouvement différentiel, qui aura les mêmes conséquences que celles mentionnées dans le paragraphe précédent. La figure 2-15 montre des exemples de dispositions symétriques et non symétriques résistant aux charges latérales. La situation montrée à la figure 2-15 se retrouve couramment dans les bâtiments d'angle qui ont deux murs faits principalement de verre sur les côtés des rues et deux murs en béton ou en brique face à la ruelle ou aux bâtiments adjacents.

2.5 Dangers reliés aux éléments non structuraux

On entend par « éléments non structuraux » les éléments de bâtiment qui sont généralement conçus par l'architecte ou les ingénieurs en mécanique et en électricité, et qui apparaissent sur leurs dessins. Ils peuvent être divisés en deux groupes selon qu'ils se trouvent à l'extérieur ou à l'intérieur du bâtiment.

La recherche des éléments non structuraux peut exiger beaucoup de temps et devrait être faite durant une évaluation sismique détaillée du bâtiment. Toutefois, le processus de sélection devrait inclure également une révision de certaines caractéristiques des éléments non structuraux du bâtiment.

2.5.1 Éléments extérieurs non structuraux

a) **Revêtement extérieur ou placage et vitrage de fenêtre :** Les revêtements ou les placages des murs extérieurs et le vitrage des fenêtres peuvent tomber sur le devant des magasins, les rues, les trottoirs et les propriétés adjacentes, si les éléments de fixation à la structure du bâtiment manquent de force ou parfois de ductilité.

b) **Parapets, corniches, ornementations et autres ornements :** Les parapets et les autres ornements semblables sont très vulnérables aux séismes. Des chutes de parapet en maçonnerie ont déjà causé la mort de piétons durant les tremblements de terre passés. Ces éléments architecturaux sont généralement du type non structuraux et peuvent subir une amplification de mouvement substantielle qui cause leur chute.

2.5.2 Éléments intérieurs non structuraux

a) **Cloisons non structurales :** Des cloisons en différents types de matériaux (maçonnerie et carreaux, poteaux revêtus

de panneaux de gypse ou de plâtre, cloisons démontables, en métal, en bois ou en verre) peuvent être détruites, retournées, fissurées ou séparées du reste des cloisons. Toutefois, seules les cloisons lourdes non supportées sont considérées comme une menace pour la vie.

Il est également important de tenir compte des cloisons adjacentes aux entrées et aux sorties des bâtiments, étant donné que l'effondrement de ces cloisons peut empêcher l'évacuation du bâtiment, ce qui représente une menace pour la sécurité des occupants.

b) **Appareillages mécanique et électrique :** Les appareillages mécanique et électrique, comme les pompes, les ventilateurs, la tuyauterie, les conduits et les panneaux de distribution électrique, lorsqu'ils sont bien fixés au mur et au plancher, se comportent généralement bien durant les séismes. Toutefois, une tuyauterie rigide avec ses supports et charnières peut se rompre. Le matériel électrique ou mécanique peut se retourner. Le matériel bien fixé peut se déplacer horizontalement et entrer en collision avec d'autres appareils et, le plus probablement, cesser de fonctionner. Il ne faut pas négliger le risque de déclenchement d'un incendie par de tels déplacements.

Les contrepoids d'ascenseurs peuvent se détacher des rails-guides et causer des dommages aux éléments structuraux, aux câbles et aux cabines et rendre les ascenseurs inutilisables.

Les pannes des appareillages mécanique et électrique menacent généralement moins la vie. Toutefois, de telles pannes peuvent réduire sérieusement le fonctionnement des bâtiments de protection civile.

c) **Réservoirs d'eau et récipients à pression intérieurs :** Les réservoirs et les récipients à pression peuvent tomber de leur support et causer de graves dommages au plancher et à d'autres éléments structuraux. Ils ne sont toutefois considérés comme dangereux que lorsqu'ils contiennent des matières chaudes ou corrosives, ou lorsque leur rupture entraîne la défaillance d'éléments structuraux majeurs.

3

INSTRUCTIONS GÉNÉRALES DE MISE EN OEUVRE DE L'ÉVALUATION

3.1 Séquence d'exécution de l'évaluation

La collecte des données, la planification et la réalisation d'une sélection rapide des bâtiments présentant des risques de danger sismique nécessitent plusieurs étapes. Premièrement, une méthode générale devra être approuvée. Deuxièmement, il faudra renseigner les personnes concernées sur le but de l'évaluation et sur la manière dont elle devra être exécutée. Il y aura ensuite plusieurs décisions à prendre, par exemple au sujet de l'utilisation des résultats de l'évaluation et des mesures à appliquer. Ces décisions sont très spécifiques à chaque application de la méthode décrite dans le présent manuel.

Voici la séquence générale de la méthode d'évaluation présentée dans le manuel :

- établissement du budget et évaluation des coûts
- sélection des bâtiments à évaluer
- préparation d'un système de cartes pour les zones d'évaluation
- choix des sources d'information à inclure dans l'évaluation et à utiliser lors de la prise de décisions
- établissement d'un système de tenue de dossiers
- formation du personnel d'évaluation
- sélection et révision d'un formulaire de sélection sismique
- collecte de données préalable à l'étude sur place
- identification des bâtiments (par exemple, adresse, numéro de lot)
- inspection autour du bâtiment
- photographies du bâtiment pour fin d'identification
- visite à l'intérieur du bâtiment et dessin des plans d'étage
- prise de données de base (nombre d'étages, système et matériaux de charpente, problèmes majeurs, etc.)
- détermination du pointage (indice de priorité sismique) pour le bâtiment, suivant la méthode présentée.

Cette séquence peut être modifiée dans les cas où l'inspection sur place est remplacée par l'étude des dessins.

Le présent chapitre traite des aspects généraux de la planification et de la mise en oeuvre. Le chapitre 4 donnera ensuite une description détaillée des observations à relever et de la façon d'utiliser le formulaire de sélection sismique.

3.2 Établissement du budget et évaluation des coûts

La méthode de sélection visuelle rapide sera plus ou moins approfondie, suivant les contraintes budgétaires. Bien que la méthode soit conçue de façon à ce que l'inspection sur place de chaque bâtiment dure environ une heure, il est important de prévoir du temps et des fonds supplémentaires pour la collecte de données préalable à l'étude sur place. La collecte de ces données peut prendre beaucoup de temps (de 10 à 30 minutes par bâtiment, selon les sources d'information). Cependant, elle peut aider considérablement à réduire le temps d'étude sur place et elle peut augmenter la fiabilité des données recueillies sur place. L'âge et la date de conception d'un bâtiment sont un bon exemple de données à recueillir avant l'étude sur place. On pourra relever facilement ces données sur les dessins de construction ou dans les fichiers du service de la construction, car il serait beaucoup plus difficile de les déduire à partir d'une visite des lieux. On peut également obtenir les données relatives à l'état du sol sur des cartes géotechniques. Étant donné que la collecte de données préalable à l'étude sur place peut constituer un facteur important pour

l'allocation des ressources, il faut en tenir compte lors de la phase de planification.

La formation du personnel, ainsi que l'établissement et la gestion d'un système de tenue de dossiers pour le processus d'étude constituent d'autres facteurs dont il faut tenir compte dans l'évaluation des coûts. Le type de système de tenue de dossiers sera choisi en fonction des méthodes existantes, des fonds disponibles, ainsi que du but ultime de l'étude.

3.3 Planification préalable à l'étude sur place

On peut décider, à cause du budget, du temps ou d'autres types de contraintes, d'établir des priorités, de sorte que certains bâtiments seront évalués immédiatement, tandis que les bâtiments qui ne présentent pas de danger pour la vie ou la sécurité des personnes seront étudiés plus tard. On choisira également une zone ayant une plus grande densité de bâtiments présentant des risques sismiques par rapport à d'autres zones. Par exemple, il faudra donner priorité à une zone plus ancienne d'une collectivité comportant surtout des immeubles commerciaux faits de maçonnerie non armée, de préférence à une zone plus nouvelle comportant principalement des entrepôts, ou à une zone résidentielle de la ville comprenant surtout des habitations à ossature en bois.

Il est très important de se référer à un système de cartes des zones à l'étude lors de la phase initiale de planification, ainsi que pour la préparation des programmes de travail des inspecteurs. Les cartes de profils du sol, de possibilité de liquéfaction, de possibilité de glissement de terrain et de failles en activité fournissent des renseignements utiles au sujet des dangers relatifs dans les différentes zones. Les cartes de lotissement seront également utiles pour la préparation des programmes des inspecteurs et, à mesure que les données seront recueillies, pour la détermination des zones comportant de nombreux bâtiments qui présentent des risques sismiques.

Lors de la planification préalable à l'étude sur place, il sera également important de discuter avec les agents du bâtiment locaux, afin de vérifier, par exemple, à quel moment un aspect particulier du calcul parasismique et de l'exécution de détails a été adopté et mis en vigueur dans la municipalité (voir section 4.2.3). On utilisera ces renseignements pour déterminer les facteurs de pointage et le pointage final de chaque bâtiment.

Comme il a été indiqué dans la section précédente, le système de tenue de dossiers pourra varier, d'un projet à l'autre, suivant les besoins, les buts, les budgets ou autres contraintes ; il peut s'agir, en fait, de plusieurs systèmes. Lors de cette phase de planification, on pourra également déterminer la façon d'identifier les bâtiments. On suggère, par exemple, l'adresse, le numéro de parcelle de l'évaluateur foncier, le numéro de lot ou le nom du propriétaire. Il faudra voir à élaborer une base de données informatisée. Il sera ainsi plus facile de produire des listes des bâtiments présentant des risques sismiques et de leurs propriétaires. Il n'est toutefois pas facile d'entrer dans l'ordinateur des données graphiques comme des dessins ou des photographies. Le microfilm constitue un support très utile, car on peut y réunir des photographies, des plans de bâtiment, des formulaires d'évaluation, ainsi que la documentation complémentaire subséquente, et on peut en tirer aisément des copies. Une autre bonne méthode en vigueur consiste à produire un dossier distinct pour chaque bâtiment, lorsqu'il est évalué, en y incluant le formulaire de sélection sismique, ainsi que tout le matériel de support et les photographies. Le désavantage de ce système est que l'accumulation rapide des dossiers en rend la gestion difficile.

3.4 Formation du personnel

On prévoit qu'il faudra établir un programme de formation afin de s'assurer de la qualité des données et de l'uniformité des décisions au sein du personnel d'inspection. Dans ce programme, on étudiera les principes de base des systèmes résistant aux forces latérales et les éléments du bâtiment qui y sont rattachés, la façon dont ils réagissent aux charges sismiques, la façon d'utiliser le formulaire de sélection, ce qu'il faut rechercher lors de l'inspection des lieux et comment tenir compte des incertitudes. De plus, les inspecteurs devront, conjointement avec un ingénieur possédant une expérience dans le calcul parasismique, effectuer ensemble l'évaluation de plusieurs bâtiments de types différents et comparer

leurs résultats. Ces activités constitueront un « étalonnage » pour les inspecteurs.

3.5 Révision du formulaire de sélection sismique

Le formulaire de sélection sismique est destiné à servir de modèle susceptible d'être adopté et utilisé tel qu'il est présenté dans le présent manuel, ou d'être modifié selon l'application spécifique. Il faudra effectuer, dans le processus de planification de l'étude, une révision du formulaire de sélection afin de déterminer si toutes les données requises sont représentées ou s'il est nécessaire d'y apporter des modifications pour inclure des catégories additionnelles. Par exemple, on pourrait ajouter au formulaire des catégories d'occupation comme « structure de stationnement » ou « maison plurifamiliale ». D'autres types de données seront peut-être nécessaires, suivant les objectifs d'une étude particulière. À cette étape préliminaire, il faudra déterminer comment on tiendra compte des incertitudes (voir section 4.5). La méthode de pointage ne devrait pas être modifiée sans la contribution d'un ingénieur qui connaît bien le calcul parasismique et les méthodes de construction de la collectivité locale.

3.6 Outils d'évaluation à apporter sur les lieux

La méthode de pointage est conçue de façon à permettre une collecte de données rapide, simple et normalisée. Elle requiert relativement peu d'outils ou de matériel. Voici une liste de vérification des articles dont on peut avoir besoin pour effectuer une évaluation visuelle rapide, tel que décrit dans le présent manuel :

- planchette à pince pour tenir les formulaires d'évaluation
- stylo ou crayon
- appareil-photo, de préférence à développement instantané (par ex. Polaroïd)
- lampe de poche
- ruban adhésif ou agrafeuse pour fixer les photos
- règle (facultative, pour croquis)
- exemplaire du manuel
- calculatrice de poche

3.7 Sources de renseignements

On peut obtenir, à partir de sources supplémentaires, des renseignements au sujet des bâtiments mêmes (identification, destination, année de construction et, peut-être, type de structure), de la sismicité et des conditions du sol. Il faudra réviser et rassembler les renseignements obtenus sur une zone donnée avant de commencer les études sur place dans cette zone. Il est recommandé d'écrire ces renseignements supplémentaires directement sur les formulaires de sélection à mesure qu'ils sont recueillis, ou de les entrer dans une base de données informatisée. L'avantage de la base de données est qu'elle permet d'imprimer les renseignements choisis sur un rapport formaté pouvant être utilisé sur les lieux, ou sur des étiquettes auto collantes pouvant être fixées au formulaire de sélection. De plus, on peut y ajouter les données d'évaluation et les utiliser pour produire des cartes et des rapports. Voici quelques sources de renseignements supplémentaires :

a) **Dossiers d'évaluation foncière :** Bien que ces dossiers puissent contenir des renseignements au sujet de l'âge du bâtiment, de l'aire totale et du nombre d'étages, la plupart des renseignements qu'on y trouve sont reliés à la propriété et à l'évaluation du terrain et des améliorations, et sont relativement peu utiles aux fins de la sélection rapide. Il est important de savoir que le type de construction indiqué est souvent incorrect et que dans la plupart des cas, il ne faut pas l'utiliser. De plus, il est à noter que l'âge du bâtiment inscrit sur les dossiers de l'évaluateur n'indique pas, dans la plupart des cas, l'année réelle de construction de la charpente. On trouve généralement, dans ces dossiers d'évaluation, l'année à laquelle le bâtiment a été admis aux fins de taxation. Étant donné que les critères d'admissibilité peuvent varier, le bâtiment peut avoir été conçu ou construit plusieurs années avant cette date. Si l'on n'a accès à aucune autre source de renseignements, les dossiers d'évaluation foncière fourniront une bonne approximation de l'époque à laquelle le bâtiment a été construit. Toutefois, on ne pourra pas utiliser la date indiquée dans ceux-ci pour établir avec certitude le code selon lequel un bâtiment a été conçu. On trouvera peut-être, aux bureaux d'évaluation foncière, des plans de parcelle ou de lot qui peuvent aider à

localiser les lieux ou qu'on peut utiliser comme patrons pour dessiner les bâtiments adjacents dans un pâté de maisons particulier.

b) **Dossiers du service de la construction :** Les dossiers du service de la construction varient considérablement d'un territoire à l'autre lorsqu'ils relèvent d'autorités différentes. Dans certaines régions, par exemple, tous les vieux dossiers ont été jetés, de sorte qu'il n'existe plus aucun renseignement sur les bâtiments plus anciens. En général, les dossiers (ou microfilms) peuvent contenir les permis, les plans et les calculs de structure requis par la ville. On y trouve parfois des renseignements relatifs au nombre de personnes et à l'utilisation, mais on y trouvera peu d'information sur le type de structure, à moins de réviser les plans ou les calculs.

c) **Études précédentes :** Il se peut que, parfois, des inventaires ou des études aient déjà été effectués sur des bâtiments présentant des risques ou des éléments non structuraux dangereux (par ex. les parapets). Ces études peuvent se limiter à une structure ou une catégorie d'occupation particulière, mais elles peuvent contenir des cartes utiles ou autres renseignements relatifs à la structure et elles devront être révisées. D'autres études importantes pourraient porter sur des problèmes reliés au danger sismique, comme la possibilité de liquéfaction ou de glissement de terrain. Les sociétés historiques locales ont peut-être publié des livres ou des rapports sur les bâtiments plus anciens de la collectivité. Le service des incendies est souvent au courant de l'état général et de la composition de l'intérieur des bâtiments.

d) **Renseignements sur les sols :** Étant donné que l'état du sol constitue un facteur primordial dans les risques que peut présenter un bâtiment, la méthode de sélection comprend un facteur de sélection pour les conditions du sol. Comme il est impossible de déterminer facilement les conditions du sol par une inspection visuelle des lieux, il faudra recueillir notamment des cartes géotechniques, des cartes géologiques ou des cartes indiquant les possibilités de liquéfaction, et les ramener à un format de carte facile à utiliser durant l'évaluation sur les lieux. Dans la présente méthode de sélection, on utilise une classification des sols simplifiée, décrite dans la section 4.2.5.

e) **Zone sismique :** On trouvera les renseignements pertinents au chapitre 1 du *Supplément du Code national du bâtiment du Canada* de 1985 ou 1990.

Le présent chapitre a traité des différents aspects de la planification et de la mise en oeuvre d'une sélection sismique des bâtiments présentant des risques sismiques. Comme il a été mentionné précédemment, ces aspects devront être adaptés aux besoins propres de chaque application particulière. Le chapitre 4 donne une description détaillée des points à examiner et explique comment utiliser la formule de collecte de données aux fins de la sélection sismique.

4

MÉTHODE DE SÉLECTION

Le présent chapitre décrit la méthode de sélection sismique, y compris des renseignements détaillés sur la façon de remplir le formulaire de sélection sismique. Un exemplaire du formulaire est montré dans l'annexe C, à la fin du manuel. Le formulaire a été conçu pour être rempli le plus simplement possible, avec un minimum de rédaction.

Sur la page 2 du formulaire de sélection, l'inspecteur calcule un indice structural (IS), pour les dangers reliés à la structure du bâtiment, et un indice non structural (INS), pour les dangers reliés aux éléments non structuraux, puis il combine ces résultats pour déterminer un indice de priorité sismique (IPS). Dans le présent manuel, le mot « pointage » désigne généralement la valeur de l'indice de priorité sismique, mais il peut se rapporter soit à l'indice structural, soit à l'indice non structural. À la section 4.4, on étudie le système de pointage élaboré et le chapitre 5 explique comment on l'utilise.

4.1 Vue d'ensemble de la méthode de sélection

En bref, la méthode de sélection consiste soit à inspecter un bâtiment à l'extérieur et à l'intérieur, soit à étudier les dessins d'architecture et de structure, en vue de déterminer rapidement si le bâtiment pourrait résister aux forces sismiques qu'il est susceptible de subir, ou s'il est permis de douter de son comportement sismique. Le pointage obtenu par l'application de cette méthode indiquera si le bâtiment évalué devra, ou non, faire l'objet d'une étude plus poussée relativement à sa capacité de résister aux secousses sismiques. **Il est bien entendu qu'aucun examen rapide ne peut produire une évaluation très fiable de la performance sismique, et que la méthode de sélection n'a pour but que de recenser les bâtiments dont le comportement sismique serait visiblement incertain. Il ne faut pas oublier que toute méthode de sélection simple a ses limites. Il peut arriver que la méthode de sélection ne permette pas de détecter des bâtiments qui sont effectivement vulnérables aux secousses sismiques, de sorte que si l'évaluateur a des doutes au sujet d'un bâtiment particulier, il devrait préconiser une étude plus poussée de celui-ci.**

Dans un inventaire de bâtiments donné, l'urgence de procéder à une évaluation plus poussée sera évaluée en fonction de la vulnérabilité sismique et de l'importance de chaque bâtiment. Voici les principaux facteurs servant à déterminer le pointage :

* Sismicité. Il s'agit des mouvements sismiques maximums auxquels on doit s'attendre pour la zone où se trouve le bâtiment (zone sismique).

* Conditions du sol. Les sols mous profonds peuvent aggraver les dommages subis par le bâtiment en amplifiant les mouvements sismiques et en causant un affaissement possible du sol, comme la liquéfaction.

* Type de structure. Il s'agit de la structure du bâtiment, soit les éléments porteurs qui supportent le bâtiment, c'est-à-dire les fondations, les colonnes, les murs de contreventement, les poutres et les solives. Certains types de constructions, comme les murs porteurs en maçonnerie non armée, sont plus vulnérables que d'autres, comme les ossatures légères en acier.

* Irrégularités du bâtiment. Il s'agit principalement de faiblesses dans la configuration de la structure du bâtiment, comme des niveaux non rigides, ainsi que la perte de résistance due à la détérioration.

* Dangers reliés aux éléments non structuraux. Des éléments non porteurs du bâtiment, comme des cloisons en blocs, peuvent tomber sur les personnes, ou du matériel essentiel pour les services de protection civile peut tomber en panne.

* CNB de conception. Les bâtiments conçus suivant des codes du bâtiment récents sont moins vulnérables que ceux conçus suivant des versions plus anciennes du Code ou sans dispositions particulières contre les secousses sismiques.

* Importance du bâtiment. Les conséquences de l'effondrement ou de l'endommagement d'éléments d'un bâtiment sont plus graves dans le cas d'installations essentielles et de bâtiments à grande occupation que dans le cas, par exemple, de petits entrepôts.

Il est préférable de déterminer la sismicité, les conditions du sol, le CNB de conception et l'importance du bâtiment et d'inscrire ces facteurs sur le formulaire de sélection comme données « préalables à l'étude sur place » avant d'effectuer l'inspection du bâtiment (ou de ses dessins). On trouvera à la section 4.2 un guide pour déterminer la catégorie appropriée de chacun de ces facteurs.

Le type de structure, les irrégularités du bâtiment et les dangers reliés à des éléments non structuraux seront déterminés plus facilement lors de l'inspection du bâtiment ou de l'examen de ses dessins. Cette inspection constitue une phase importante dans la méthode de sélection. L'inspecteur trouvera à la page 1 du formulaire de sélection des descripteurs appropriés pour chaque catégorie de facteur qui lui faciliteront la tâche. La section 4.3 contient plus de détails sur la façon d'identifier par inspection la bonne catégorie.

Aussitôt qu'une donnée est obtenue, on l'inscrit sur le formulaire de sélection ; il suffit, la plupart du temps, d'encercler les descripteurs appropriés énumérés sur le formulaire et correspondant à chacun des facteurs, ainsi que les valeurs numériques appropriées, pour chaque facteur, sur la page 2 du formulaire. On multiplie ensuite les valeurs numériques entre elles, comme c'est indiqué sur la page 2 du formulaire, pour déterminer les pointages des dangers reliés aux éléments structuraux et des dangers reliés aux éléments non structuraux ; on combine ensuite ces deux pointages pour déterminer un pointage final pour tout l'ensemble du bâtiment. Comme c'est expliqué à la section 4.4, plus la valeur numérique pour un facteur particulier est grande, comparée à une valeur satisfaisante de 1,0, plus ce facteur contribue au risque sismique global et, par conséquent, plus on accordera de priorité au bâtiment pour une étude plus poussée.

Voici, en résumé, les principales phases de la méthode de sélection :

1. obtenir des données préalables à l'étude sur place relatives à l'identification du bâtiment, à la zone sismique, aux conditions du sol et à l'utilisation et la catégorie d'occupation du bâtiment afin d'en déterminer l'importance (section 4.2)

2. faire des croquis et prendre des photographies du bâtiment (section 4.3.1)

3. déterminer le type de structure (section 4.3.2)

4. déceler les irrégularités du bâtiment (section 4.3.3)

5. déterminer les dangers reliés aux éléments non structuraux (section 4.3.4)

6. déterminer le pointage afin d'établir l'indice de priorité sismique (section 4.4)

Dans la suite du présent chapitre, on trouvera des conseils pour la réalisation, à l'aide du formulaire de sélection, de chacune des étapes de la méthode de sélection décrites ci-dessus. Si certains renseignements inscrits sur le formulaire n'ont pas été déterminés de façon précise et n'ont été que déduits par l'inspecteur, ce dernier ajoutera un astérisque (*) à côté du nombre particulier. Un organigramme de la méthode de sélection rapide est présenté à la figure 4.1.

4.2 Données préalables à l'étude sur place

4.2.1 Identification du bâtiment et de l'inspecteur

L'un des points les plus importants pour l'évaluation et la réduction subséquentes des dangers sismiques est l'identification et l'emplacement du bâtiment. Il sera particulièrement utile de connaître l'adresse et le code postal, aux fins de compilation et d'analyses sommaires, puisqu'il s'agit de renseignements qui s'appliquent à toutes les municipalités. Il faudra inclure le nom du bâtiment qui sera très utile pour une identification rapide. Il pourra aussi être utile de faire connaître aux autorités responsables le numéro de parcelle de l'évaluateur ou le numéro de lot, aux fins de tenue de dossiers.

De plus, la personne qui effectue l'évaluation doit s'identifier en inscrivant son nom ou ses initiales, ou suivant tout autre code. Il ne faudra pas omettre ce renseignement, puisqu'il pourrait s'avérer très important, à une date postérieure, de savoir qui a inspecté un bâtiment particulier.

4.2.2 Nombre d'étages et aire totale des planchers

Ce renseignement sert à déterminer l'importance du bâtiment (facteur E sur la page 2 du formulaire de sélection) selon sa catégorie d'occupation.

Il ne sera peut-être pas si simple de compter le nombre d'étages si le bâtiment est construit dans une pente ou s'il comporte différents niveaux de toit. En règle générale, on inscrit le plus grand nombre d'étages (c'est-à-dire qu'on compte les étages sur le côté du bas de la pente, jusqu'au toit). De plus, il n'y aura peut-être pas un nombre unique d'étages. Certains bâtiments peuvent être construits en gradins ou comporter une tour. On utilisera la section Commentaires et le croquis pour indiquer les variantes dans le nombre d'étages.

Dans certains cas, on trouvera la surface de plancher totale au service de la construction ou dans les dossiers de l'évaluateur. Le cas échéant, on peut l'évaluer en multipliant la surface d'un plancher (en mètres carrés) par le nombre total d'étages du bâtiment. On ajoutera un astérisque pour indiquer que la surface de plancher totale indiquée est une estimation.

4.2.3 Année de construction et CNB en vigueur

Cette information est un élément clé de la méthode de sélection. L'âge du bâtiment est évidemment relié directement aux méthodes de calcul et de construction, y compris les exigences sismiques du code en vigueur. Par conséquent, l'âge du bâtiment peut constituer un facteur des plus importants dans la détermination du pointage en vue d'établir l'indice de priorité sismique. On ne peut généralement pas obtenir ce renseignement sur les lieux, et c'est pourquoi il faudra l'inclure dans la collecte de données préalable à l'étude sur place.

Le renseignement le plus important pour la détermination du pointage d'un bâtiment est le code du bâtiment en vigueur, utilisé pour le calcul structural. La présente méthode de sélection rapide est basée sur des comparaisons entre les diverses versions du *Code national du bâtiment du Canada* (CNB) et le CNB de 1990. Si une autorité a utilisé différents codes, il faudra obtenir, ou produire au moyen d'estimations, une comparaison quantitative des exigences sismiques de ces codes avec celles du CNB, et il faudra faire les corrections nécessaires aux facteurs applicables. On pourra déterminer le code en vigueur (CNB ou autre), lors de la phase d'inspection, à partir de la date indiquée sur les dessins de structure, s'ils sont disponibles. Il sera également possible de déterminer quelle édition du CNB était en vigueur à l'époque, en consultant un représentant du service local de la construction. Il faudra ainsi, pour chaque territoire relevant d'une autorité, déterminer les dates d'entrée en vigueur des éditions de 1965, 1970, 1985 et 1990 du *Code national du bâtiment*, y compris les exigences sismiques. S'il est impossible de consulter les dessins de structure, il faudra déduire le CNB en vigueur à partir de l'âge du bâtiment qu'on déterminera comme suit.

Les dossiers du service de la construction constituent la source la plus fiable pour

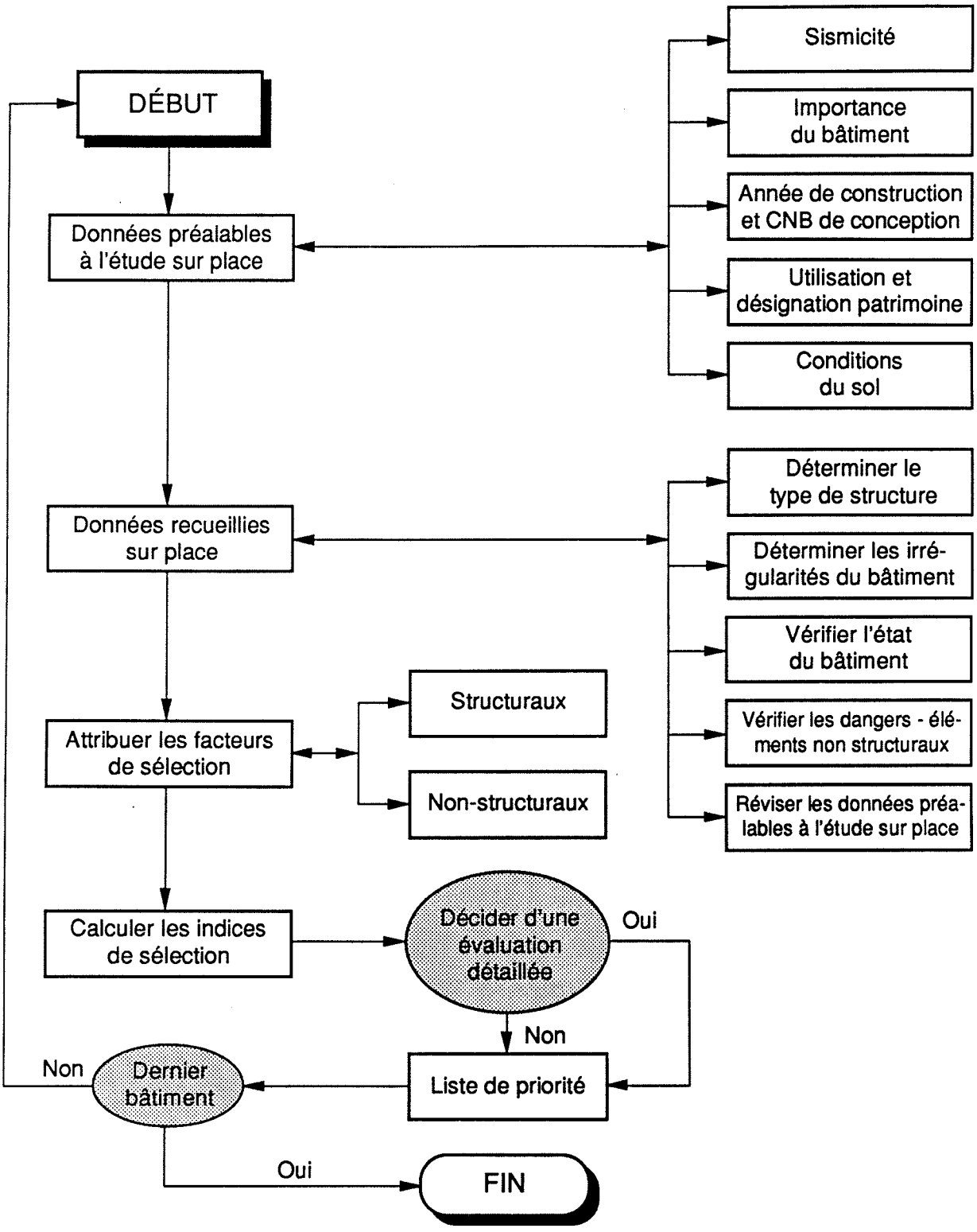


Figure 4-1 : Organigramme pour la méthode de sélection sismique

l'année de construction d'un bâtiment, puisqu'ils contiennent des plans, des permis et autres documents relatifs à la construction. Les dossiers de l'évaluateur foncier contiennent des renseignements, dont il faut se méfier, puisqu'ils indiquent généralement la date d'admission aux fins de taxation, qui peut être de plusieurs années postérieure à celle de la conception ou de la construction.

Il n'y aura peut-être pas une « année de construction » unique. Certaines parties d'une structure peuvent avoir été conçues et construites avant d'autres. Dans un pareil cas, il faudra indiquer, dans la section Commentaires ou sur le croquis, les dates de construction de chaque portion du bâtiment. Il faudra aussi être prudent dans l'interprétation des méthodes de calcul à partir de la date de construction. Le bâtiment peut avoir été construit plusieurs années après sa conception et par conséquent, il a pu être calculé suivant un code plus ancien comportant des exigences sismiques inadéquates. Il sera important d'en tenir compte pour l'attribution de la valeur numérique de chaque facteur.

Enfin, si l'inspecteur ne peut avoir accès à aucune des sources énumérées ci-dessus pour déterminer l'année de construction d'un bâtiment, il devra en faire une évaluation approximative en se basant sur le style architectural. Cette méthode est décrite plus en détails à la section 4.3.2. Si l'année de construction n'est obtenue que par approximation, on indiquera à l'aide d'un astérisque qu'il s'agit d'une évaluation ou d'une estimation subjective.

4.2.4 **Zone sismique effective** (case A du formulaire)

Les mouvements sismiques maximaux, ou la sismicité à laquelle on peut s'attendre à l'emplacement de différents bâtiments, constitue évidemment un facteur important lorsqu'on préconise une étude plus poussée d'un bâtiment. La sismicité d'un emplacement (municipalité) est définie par la zone sismique indiquée au chapitre 1 du *Supplément du Code national du bâtiment du Canada 1990*. Le CNB donne toutefois deux valeurs, l'une pour l'accélération (Z_a) et l'autre pour la vitesse (Z_v). Sur le formulaire de sélection, la case A définit une zone sismique « effective » comme étant égale à Z_v si Z_a n'est pas plus grand que Z_v, et égale à $Z_v + 1$ si Z_a est plus grand que Z_v.

4.2.5 **Conditions du sol** (case B du formulaire)

Il est reconnu depuis longtemps que les conditions du sol ont une influence majeure sur l'amplitude et la durée des secousses et, par conséquent, sur les dommages subis par les structures. En général, plus les sols sont profonds et mous à un endroit particulier, plus la durée des secousses sera longue et plus les secousses sismiques causeront de dommages. Aux fins du classement des bâtiments en vue d'une évaluation sismique plus poussée, il suffit de classer les sols dans les quatre catégories suivantes qu'on retrouve à la case B du formulaire :

Sol rocheux ou sol dur : Sol dur dont la profondeur est inférieure à 50 m et roc de tout genre dont le sol sus-jacent est constitué de dépôts stables de sables, de graviers ou d'argiles dures.

Sol dur > 50 m : Sol profond sans cohésion ou d'argiles dures, y compris les endroits où la profondeur du sol dépasse 50 m et où les sols recouvrant le roc sont constitués de dépôts stables de sables, de graviers ou d'argiles dures.

Sol mou > 15 m : Argiles et sables, de mous à moyens, caractérisés par une profondeur de 15 m ou plus d'argiles fermes, de molle à moyenne, avec ou sans couches de séparation de sable ou d'autres sols sans cohésion.

Sol très mou ou liquéfiable : Argiles très molles ou autres sols à grains fins dont la profondeur dépasse 15 m, et sols liquéfiables caractérisés par des argiles extrasensibles ou par des limons sableux saturés, sables ou graviers, de densité faible à moyenne. Si le sol est mou, mais qu'on ne sait pas s'il est liquéfiable, on considérera qu'il l'est.

Étant donné qu'il est généralement impossible d'identifier ces catégories de sols par une inspection visuelle sur les lieux, bien qu'il soit

parfois possible de le faire en examinant les dessins de structure, on obtiendra les renseignements relatifs aux conditions du sol à partir de cartes géotechniques ou géologiques ou d'autres sources de renseignements, durant la phase préalable à l'étude sur place. En l'absence de données fiables sur les conditions du sol, utiliser B = 1,5.

4.2.6 Utilisation et catégorie d'occupation (case E du formulaire)

L'utilisation et la catégorie d'occupation d'un immeuble constituent des données importantes pour le classement des bâtiments en vue d'une évaluation plus poussée. Ces données sont représentées par le facteur E qui exprime l'importance du bâtiment, sur la page 2 du formulaire de sélection. Des utilisations spéciales, notamment les écoles, les bâtiments de protection civile et les bâtiments ayant des exigences d'exploitation spéciales, sont classées comme étant de haute importance, à la case E de la page 2 du formulaire de sélection, et pour ces bâtiments, aucun autre calcul sur la densité d'occupation N n'est requis. Toutes les autres utilisations sont classées dans la case E suivant la catégorie d'occupation, définie pour la méthode de sélection comme une mesure (N) du nombre total d'occupants d'un bâtiment lorsqu'il est en usage par le pourcentage du temps pendant lequel les occupants s'y trouvent. Les paragraphes qui suivent devraient aider l'agent d'enquête à identifier la catégorie appropriée pour la case E.

Bâtiments de protection civile. Certains bâtiments qui sont prévus pour fournir des services dans l'éventualité d'un désastre comme un tremblement de terre, notamment les hôpitaux, les casernes et postes d'incendie, les postes de police, les stations de radio, les centrales téléphoniques, les centrales électriques, les sous-stations de distribution électrique, les stations de pompage (eau et eaux usées) et les dépôts de carburant (définition du CNB).

Bâtiments ayant des exigences d'exploitation spéciales. Ce sont des bâtiments identifiés par le propriétaire ou l'autorité compétente comme ayant des exigences spéciales qui doivent être maintenues après tout tremblement de terre prévu, sans perte d'efficacité, et avec une plus grande fiabilité que les bâtiments normaux de protection civile. L'identification de tels bâtiments en fonction de l'utilisation ou des descripteurs de matériel est effectuée par l'autorité ou le propriétaire durant la phase de planification, et ces renseignements peuvent être ajoutés à ceux de la case E du formulaire de sélection.

Autres bâtiments. Tous les autres bâtiments (excepté les écoles) sont classés dans la case E suivant la catégorie d'occupation N. On détermine le taux d'occupation en multipliant la surface d'occupation par le nombre de personnes donné dans la case E pour l'utilisation appropriée, et enfin, par un coefficient de durée égal à la moyenne d'heures par semaine d'occupation humaine, divisée par 100. Ce calcul est effectué dans la case E. Le nombre d'heures moyen par semaine d'occupation humaine est évalué à l'intérieur des limites données dans la case E pour chaque utilisation, compte tenu de l'utilisation particulière du bâtiment et des heures normales d'utilisation dans la localité. Les cinq catégories d'utilisation de la case E sont décrites plus en détails ci-dessous :

Réunions : Endroits de réunions publiques où 300 personnes ou plus peuvent être rassemblées dans une pièce en même temps. Les cinémas, les auditoriums, les centres communautaires, les centres sportifs, les salles de spectacle, les églises et les stades en sont des exemples.

Services commerciaux, services personnels : Établissements commerciaux de détail et de gros, institutions financières, restaurants, etc.

Bureaux, institutions, manufactures : Édifices à bureaux/administratifs, édifices gouvernementaux, manufactures, usines d'assemblage, installations manufacturières. Les écoles ont une catégorie spéciale dans la case E.

Résidences : Tout immeuble ayant une aire totale dépassant 600 m^2 ou trois étages de hauteur utilisé à des fins résidentielles - appartements, condominiums, hôtels, résidences pour personnes âgées, etc.

Entrepôts : Entrepôts et autres installations d'entreposage à faible taux d'occupation humaine.

D'autres classifications peuvent être utiles pour des fins particulières. Par exemple, il peut y avoir des exigences particulières pour des bâtiments historiques qui sont désignés patrimoine, en ce sens que ceux-ci peuvent exiger une approche spécialisée pour une évaluation détaillée et une modernisation. Ces renseignements devraient être inclus à la ligne 4 de la page 1 du formulaire de sélection sous « Désignation patrimoine ».

4.3 Données à recueillir sur place

Cette section fournit des renseignements sur la collecte des données sur place et couvre les points suivants : identification du type de structure, irrégularités du bâtiment ayant une incidence négative sur le comportement sismique, et dangers reliés aux éléments non structuraux pour la sécurité des personnes ou risques pour l'exploitation continue de bâtiments de protection civile ou d'autres bâtiments spéciaux. Des commentaires au sujet des croquis et des photographies sont également inclus.

4.3.1 **Croquis, photographies** (page 1 du formulaire)

On devrait faire un croquis en plan du bâtiment. Un croquis en élévation, indiquant les caractéristiques importantes, peut également être utile. Toutefois, plusieurs photographies peuvent servir à remplacer un croquis en élévation. Les croquis sont importants, étant donné qu'ils révèlent de nombreux attributs du bâtiment à l'agent d'enquête qui les exécute. D'une certaine façon, en effet, ceci force l'agent d'enquête à examiner systématiquement tous les aspects du bâtiment. Le croquis en plan devrait inclure l'emplacement du bâtiment sur le site et la distance le séparant des bâtiments adjacents. Il est suggéré de tracer le croquis en plan à partir d'un plan de zonage de la ville comme partie du travail de cueillette des données préalables à l'étude sur place. Ceci est particulièrement valable lorsque l'accès entre les bâtiments n'est pas possible. Si tous les côtés d'un bâtiment sont différents, il faudrait tracer un croquis d'élévation pour chaque côté. Dans le cas contraire, indiquer que le croquis vaut pour tous les côtés. Le croquis devrait relever et mettre en évidence des caractéristiques spéciales comme l'existence de fissures ou de problèmes de configuration. Les dimensions devraient être incluses ; on peut mesurer à pas comptés la longueur et la largeur d'un bâtiment ou l'évaluer à partir des plans disponibles.

On devrait prendre au moins une photographie du bâtiment aux fins d'identification. L'inspecteur ne devrait évidemment pas se limiter à une seule photographie. Une photographie contient beaucoup plus de renseignements, quoique peut-être moins accentués, que le croquis en élévation. Les bâtiments sont relativement difficiles à photographier avec un appareil photo ordinaire à cause de leurs grandes dimensions et parce que la lentille de l'appareil photo introduit une distorsion pour les bâtiments d'une grande hauteur. Si possible, prendre la photographie à une distance suffisamment grande de façon à montrer le bâtiment complet, avec plus d'une façade. Une lentille grand angle ou un zoom pourrait être utile. Éviter de photographier des façades qui sont sous éclairage direct du soleil afin d'éviter les contrastes entre les portions ombragées et les portions très éclairées de la façade. Enfin, si possible, éviter de prendre des arbres, des véhicules et autres objets sur la photo, étant donné qu'ils peuvent cacher les étages inférieurs (qui sont souvent les plus importants). La figure 4-2 montre des exemples de photographies de bâtiments qui illustrent ces points.

Étant donné qu'il n'est pas possible de photographier ou de dessiner tous les détails importants, l'inspecteur devrait inscrire les renseignements additionnels importants dans l'espace Commentaires. Par exemple, les commentaires peuvent se rapporter aux dangers non structuraux non énumérés au bas de la page 1 du formulaire de sélection.

4.3.2 **Type de structure** (case C du formulaire)

Cette section donne des définitions des types de structure indiqués sur le formulaire de sélection sismique et indique la meilleure façon d'identifier ces types. Il peut être difficile de déterminer avec certitude le type de structure parce

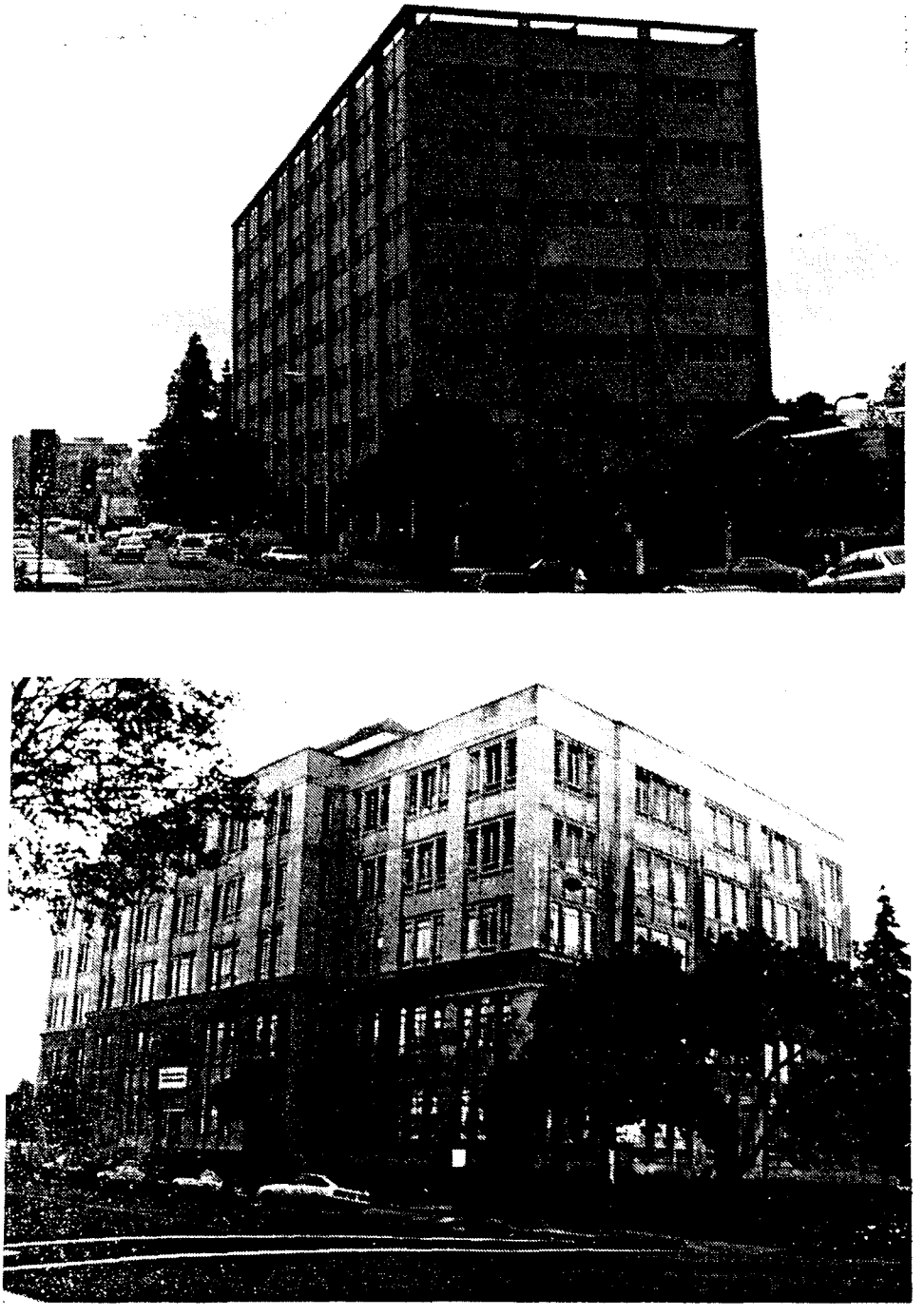


Figure 4-2 : Exemples de photographies de bâtiments

que des éléments non structuraux comme des placages ou une cloison sèche tendent à cacher l'ossature. Par exemple, une ossature en acier et une ossature en béton peuvent avoir la même apparence de l'extérieur. **La meilleure façon de déterminer le type de structure, si ce n'est pas déjà évident par l'inspection, consiste à enlever un ou plusieurs panneaux de plafond à l'intérieur du bâtiment.** Si cela n'est pas possible, suivre les recommandations ci-dessous.

Des caractéristiques propres aux différents types de structures peuvent donner des indices sur leur identité. Dans certains cas, il peut y avoir plus d'un type d'ossatures présents dans une structure. Si c'est le cas, le type d'ossature prédominant devrait être indiqué. Si un bâtiment contient différents systèmes de structure pour résister aux forces s'exerçant dans les sens de la longueur et de la largeur du bâtiment (par ex., une ossature résistant aux moments dans une direction, et une ossature contreventée dans la direction perpendiculaire), encercler le facteur de pointage pour chacun des systèmes sur le formulaire de sélection et utiliser la valeur la plus élevée.

L'identification d'un type de structure peut exiger un processus d'élimination. Cette approche permettra à l'inspecteur d'attribuer le pointage le plus élevé associé au pire système de structure possible. Par l'étude du bâtiment, on peut déduire plusieurs types de renseignements qui faciliteront le processus d'élimination :

1. **Âge :** L'âge approximatif d'un bâtiment peut être un indice du type de structure. L'âge est difficile à déterminer visuellement, mais l'âge approximatif, à une décennie près, peut être évalué d'après le style architectural et le traitement des détails de l'extérieur du bâtiment, si la façade n'a pas été rénovée. Si le bâtiment a été rénové, par contre, l'âge apparent peut être trompeur. L'inspecteur devra alors se fier aux renseignements sur l'âge à partir des sources disponibles, conformément aux indications de la section 4.2.3.

2. **Type de façade :** On peut parfois déduire le type de structure par le degré d'ouverture de la façade, ou par les dimensions et le motif des baies de fenêtre. Le matériau de la façade peut également révéler des indices de la structure interne.

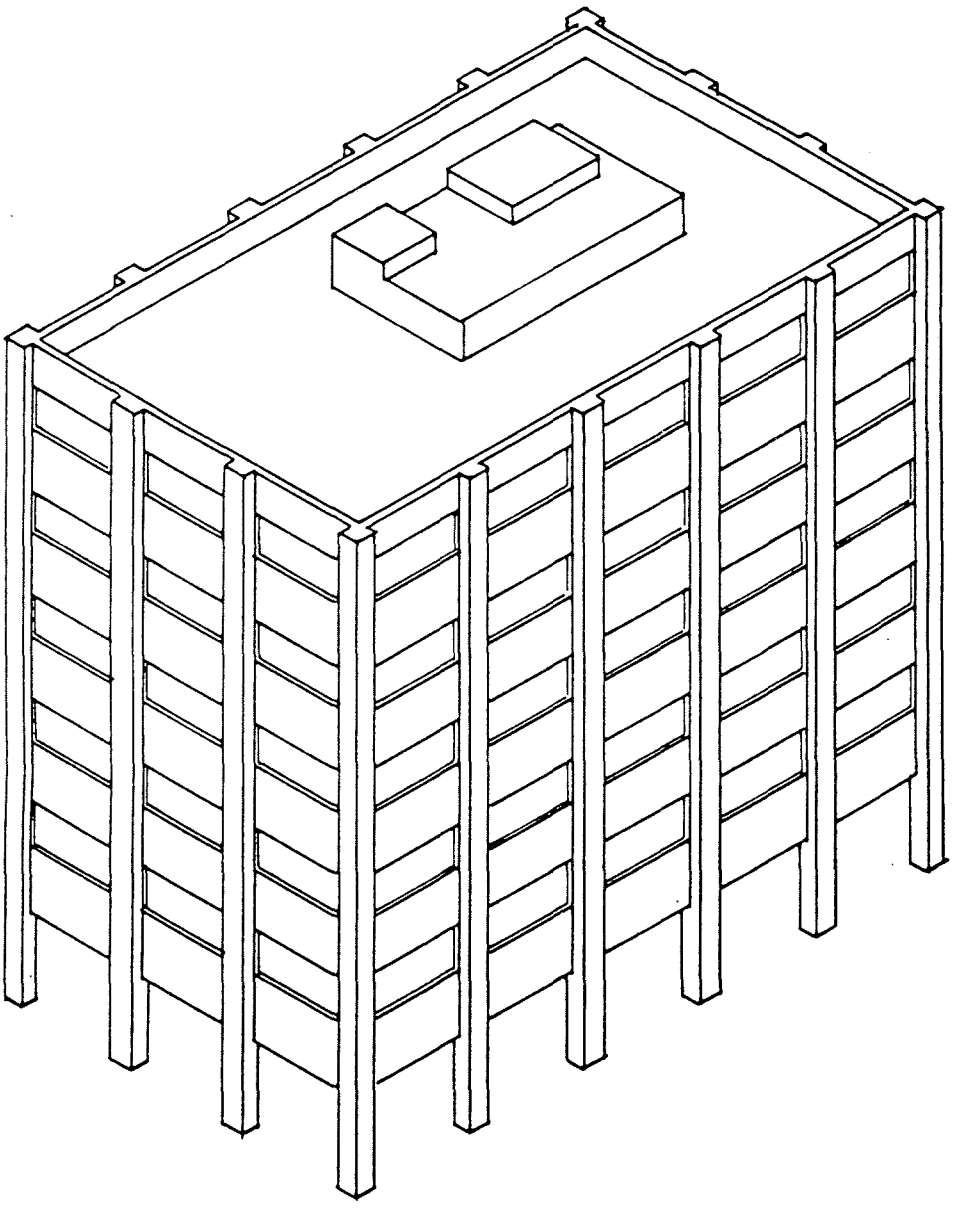
3. **Hauteur :** La hauteur peut indiquer le type de construction. Ce renseignement, combiné avec une connaissance des méthodes de construction locales, est particulièrement utile pour les bâtiments plus élevés.

4.3.2.1 Comment distinguer entre structures à ossature et structures à murs porteurs

L'une des premières tâches dans l'identification d'un type de construction consiste à déterminer si la structure du bâtiment est du type à ossature ou du type à murs porteurs. Dans une structure à ossature (figure 4-3), ce sont des poutres et des poteaux sur toute la structure qui portent les charges verticales et latérales, alors que dans une structure à murs porteurs (ou à caisse) (figure 4-4), ce sont ces murs, qui sont plus ou moins massifs, qui résistent aux charges verticales et latérales.

Lorsqu'un bâtiment a de grandes ouvertures sur tous les côtés, il s'agit probablement d'une structure à ossature, par opposition à une structure à « caisse ». Une caractéristique courante d'une structure à ossature est le quadrillage rectangulaire de la façade, qui indique l'emplacement des poteaux et poutres derrière le matériau de finition. Ceci est particulièrement révélateur lorsque les fenêtres occupent l'ouverture entière entre les éléments de l'ossature et qu'aucun mur de remplissage n'a été utilisé.

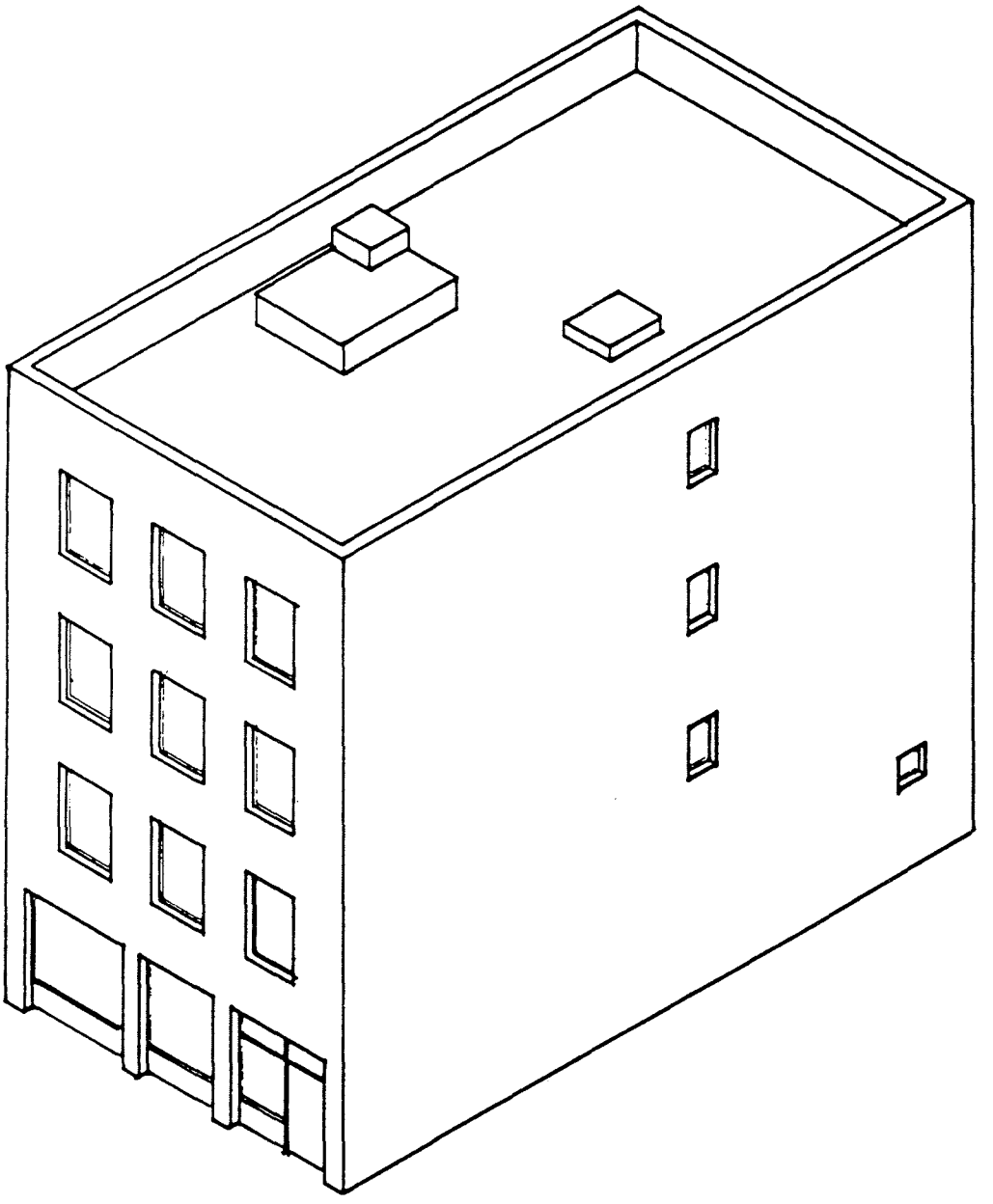
Les systèmes à murs porteurs ou à caisse supportent les charges verticales et latérales au moyen de murs plutôt que de poteaux. Les éléments structuraux du plancher comme les dalles, les solives et les poutres sont soutenus par des murs porteurs. Un système à caisse est donc caractérisé par des murs plus ou moins massifs et, en règle générale, un mur porteur n'aura pas plus d'ouverture que d'aires pleines dans n'importe quelle section horizontale. Il n'aura généralement pas, non plus, de grandes ouvertures très larges, à moins qu'un linteau structural soit utilisé.



Caractéristiques d'un bâtiment à ossature :

1. Grande largeur de fenêtre
2. Ouvertures sur plusieurs côtés
3. Quadrillage apparent de colonnes et poutres

Figure 4-3 : Exemple de structure à ossature



Caractéristiques d'un bâtiment à caisse :

1. Petite largeur de fenêtre
2. Au moins deux murs pratiquement pleins
3. Murs porteurs relativement épais

Figure 4-4 : Exemple de structure à caisse

De nombreuses structures, toutefois, incorporent des colonnes de charpente, ou sont des structures partiellement à ossature. Ceci est particulièrement répandu dans les immeubles commerciaux à plusieurs étages situés dans des lots urbains restreints, où les poutres et les poteaux sont utilisés au rez-de-chaussée d'une structure à murs porteurs, afin de fournir de plus grandes ouvertures pour les espaces commerciaux. Un autre exemple, c'est le cas où les charges sont portées à la fois par des poteaux intérieurs et par un mur périmétrique. Ces deux exemples devraient être considérés comme des structures à murs porteurs, étant donné que les charges latérales dans ces bâtiments sont soutenues par ces murs porteurs. Les structures à caisse utilisent aussi, parfois, seulement deux murs pour porter la charge. Les autres murs sont non porteurs et peuvent ainsi avoir de grandes ouvertures. Par conséquent, le degré d'ouverture de l'élévation avant ne devrait pas être utilisé pour déterminer le type de structure. L'inspecteur devrait regarder également les côtés et la façade arrière. Si au moins deux des quatres murs extérieurs semblent être pleins, il s'agit probablement d'une structure à caisse. Dans le cas contraire, elle devrait être considérée comme une structure à ossature, à moins qu'il y ait visiblement des murs travaillant en cisaillement à l'intérieur du bâtiment formant un système à caisse.

Alors que des façades ouvertes sur tous les côtés indiquent clairement qu'il s'agit d'une structure à ossature, des murs pleins peuvent indiquer une structure à murs porteurs ou une structure à ossature avec murs de remplissage massifs. Les murs porteurs sont généralement beaucoup plus épais que les murs de remplissage, et ils sont plus épais aux étages inférieurs des bâtiments à plusieurs étages. Il est possible de détecter cette augmentation d'épaisseur du mur en comparant les épaisseurs du mur à des fenêtres d'étages différents. Ainsi, on peut identifier des murs pleins comme étant des murs porteurs ou non porteurs, suivant leur épaisseur, si le matériau structural est connu.

Les structures à murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA) et en béton préfabriqué (MBP) mises en place par relèvement sont généralement des structures de type à caisse. Les bâtiments à charpente d'acier sont généralement du type à ossature, alors que les structures en béton et en maçonnerie armée (MAL) peuvent être de l'un ou de l'autre type.

4.3.2.2 Où chercher des indices

Étant donné que des bâtiments sont souvent rénovés, l'inspecteur devrait savoir où regarder pour trouver des indices sur la construction d'origine. La plupart des rénovations sont faites en vue de moderniser les espaces de commerce au détail, de façon à améliorer leur image. De plus, la plupart des rénovations extérieures sont faites seulement sur la façade avant ou sur des façades exposées à la vue des gens. Par conséquent, la construction d'origine peut souvent être décelée sur les côtés, à l'arrière, ou là où les gens ne regardent généralement pas. Si le matériau d'origine est recouvert dans ces zones, il est souvent seulement peint ou légèrement recouvert de plâtre. Dans ce cas, le motif du vieux matériau peut souvent être discerné. De l'intérieur, on peut déduire des indices à partir des cages d'escalier et des sous-sols. La plupart du temps, des indices sur les matériaux d'origine sont tout à fait apparents si on les recherche. Deux exemples sont donnés ici :

La figure 4-5a montre un bâtiment ayant une façade en pierres polies et en verre de 1970. Le côté du bâtiment indique qu'il s'agit d'une structure à murs porteurs en MNA d'avant 1930.

La figure 4-5b montre la façade d'un bâtiment faite d'un matériau caractéristique des années 60. Le côté a été repeint. À travers la peinture, il est possible de discerner le motif horizontal des planches dans le mur de béton coulé sur place de la construction d'avant 1940.

4.3.2.3 Caractéristiques des matériaux de construction apparents

L'identification d'un type de structure dépend souvent de la capacité à reconnaître le matériau de construction apparent. Les inspecteurs devraient bien connaître l'apparence des différents matériaux sur des bâtiments existants, de même que leurs modes d'installation. On donne ici de brèves descriptions de certains matériaux courants :

Figure 4-5a : Une structure à murs porteurs en maçonnerie non armée, avec façade rénovée dans les années 70

Figure 4-5b : Une structure à murs de béton, avec façade rénovée dans les années 60

Maçonnerie non armée : Les murs en maçonnerie non armée, lorsqu'il ne s'agit pas de placages, sont généralement constitués de plusieurs parois de briques (une paroi de brique correspond à la largeur d'une brique). Par conséquent, des boutisses seront visibles sur la surface apparente. Les boutisses sont des briques posées en travers, leur petite extrémité étant visible sur la face extérieure, et elles ont pour rôle de relier ensemble des parois de briques (voir figures 4-6a et 4-6b). Parfois, des murs de remplissage en MNA n'auront pas de boutisses et les parois de briques seront retenues ensemble seulement par du mortier. Il va sans dire que, généralement, la MNA paraît vieille et montre le plus souvent des signes d'usure et de vieillissement.

Maçonnerie armée : La plupart des murs en maçonnerie armée sont construits à l'aide de blocs de béton creux ou d'argile, ayant une largeur minimale de 150 mm, avec noyaux verticaux renforcés et jointoyés. Une méthode utilisée moins fréquemment consiste à placer deux parois de briques, l'espace entre celles-ci contenant un renfort et un coulis (voir figure 4-6c). Dans ces deux types de construction, on ne peut voir de boutisses sur la surface du mur. La figure 4-6d montre que des arcs sont parfois utilisés dans la maçonnerie armée.

Placage de maçonnerie : Les placages de maçonnerie peuvent être de plusieurs types, y compris les panneaux préfabriqués, les tuiles minces à texture de brique et une paroi simple de briques appliquée sur un support structural. La figure 4-6e montre un panneau de placage de brique. Remarquer la discontinuité du motif des briques interrompue par des trous verticaux. Ceci indique que la surface est probablement un panneau. L'ouverture du dalot au sommet du mur indique également qu'il s'agit d'un placage mince plutôt que d'un mur en maçonnerie plein. Pour déterminer s'il s'agit d'une tuile de placage, regarder au linteau des portes ou aux ouvertures de fenêtres où le bord de la tuile paraît généralement.

Brique creuse : La surface apparente d'une unité de maçonnerie en briques creuses est d'environ 150 mm x 250 mm et a souvent des stries en bandes dans le sens de la longueur de la brique. Ces briques de couleur rouge argile sont fragiles, non renforcées et sans valeur structurale ; elles sont généralement utilisées pour des murs non porteurs. La figure 4-6f montre un mur type qui a été peint. Dans la partie inférieure de la photo, on peut voir des briques perforées et leurs trous intérieurs.

Fausse maçonnerie : Des parements à motif de maçonnerie peuvent être faits de tôle métallique, de matériaux de plastique ou d'asphalte (voir figures 4-6g et 4-6h). Ces parements sont vendus en feuilles et sont fixés à un support structural, généralement une ossature en bois. Ainsi, on peut détecter ces parements en regardant les bords, ou par le son lorsqu'on les tape légèrement.

Béton coulé sur place : Le béton coulé sur place, utilisé en construction avant les années 40, montre le plus souvent des motifs horizontaux produits par le coffrage en bois. Le coffrage a été construit à partir de planches de bois et, par conséquent, le béton montre également souvent le motif du grain du bois. Comme les planches ne sont pas uniformes, la surface montrera des lignes horizontales séparées d'environ 100 mm à 150 mm (voir figure 4-6i). Le béton coulé sur place plus récent est fait en divers finis. Le fini le plus économique est celui dans lequel le béton est coulé contre un coffrage de contreplaqué, qui reflète l'apparence du grain du contreplaqué, ou contre un coffrage de bois recouvert de métal ou de plastique, qui normalement ne montre pas de motifs distinctifs.

4.3.2.4 Ossature légère en bois (OLB)

Ces bâtiments sont le plus souvent des immeubles à appartements, des immeubles commerciaux ou à bureaux, ayant une surface de plancher supérieure à 600 m^2 ou des bâtiments d'une hauteur de trois étages. Des bâtiments plus âgés, dans quelques rares cas, peuvent avoir jusqu'à six étages.

Plusieurs bâtiments qui semblent avoir des façades extérieures en briques ont en réalité une ossature en bois recouverte d'un placage de briques non structural ou d'un parement synthétique à motif de brique. Toutefois, dans certains cas, les murs de briques peuvent ne pas être faits d'un placage. Pour ces bâtiments, examiner en premier lieu de

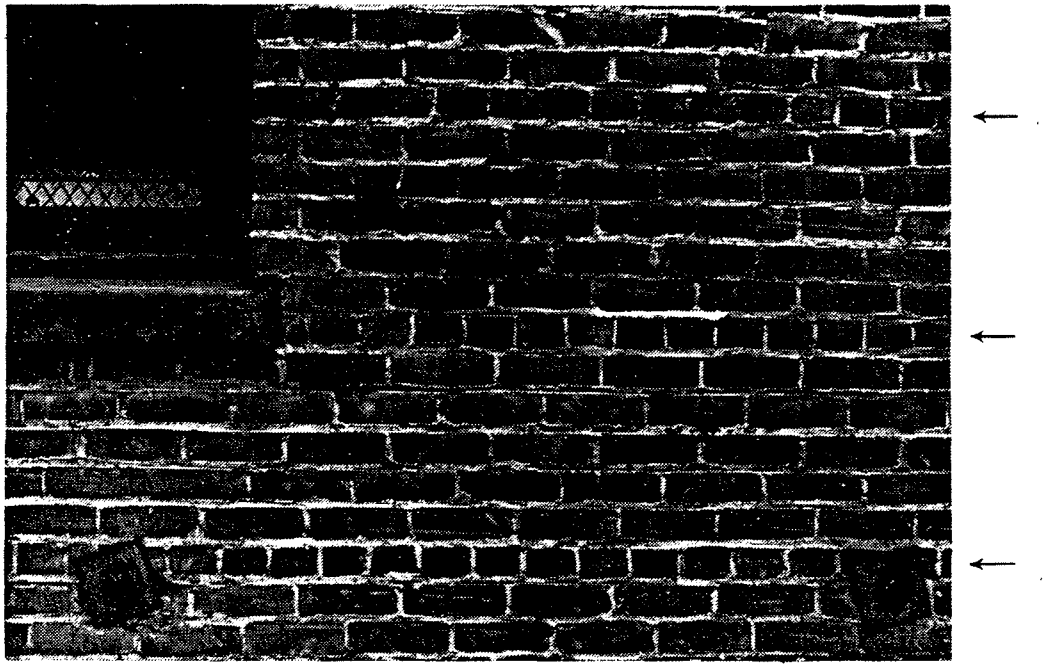


Figure 4-6a : Un mur en MNA montrant des rangs de boutisses (identifiées par les lèches) et des ancrages de murs

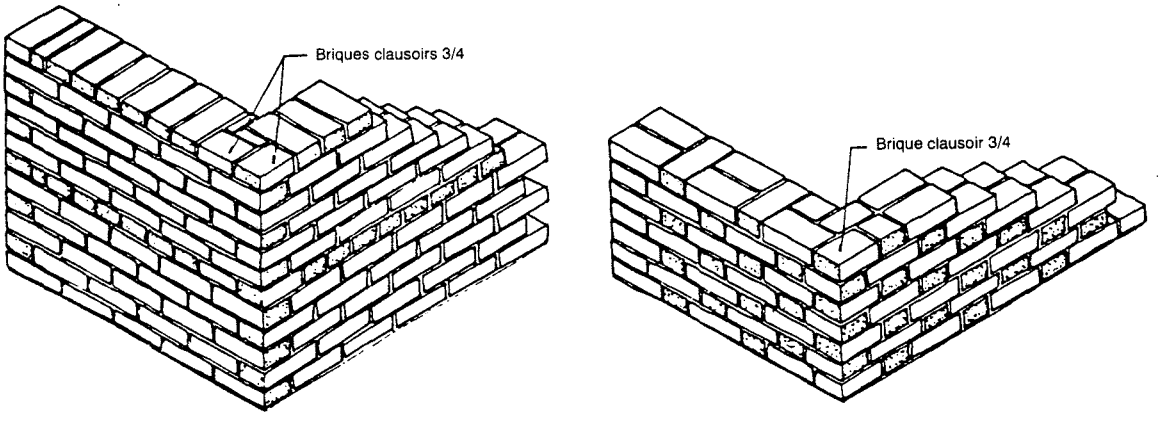


Figure 4-6b : Deux types de motifs de maçonnerie montrant des boutisses (indiquées par la trame à grains)

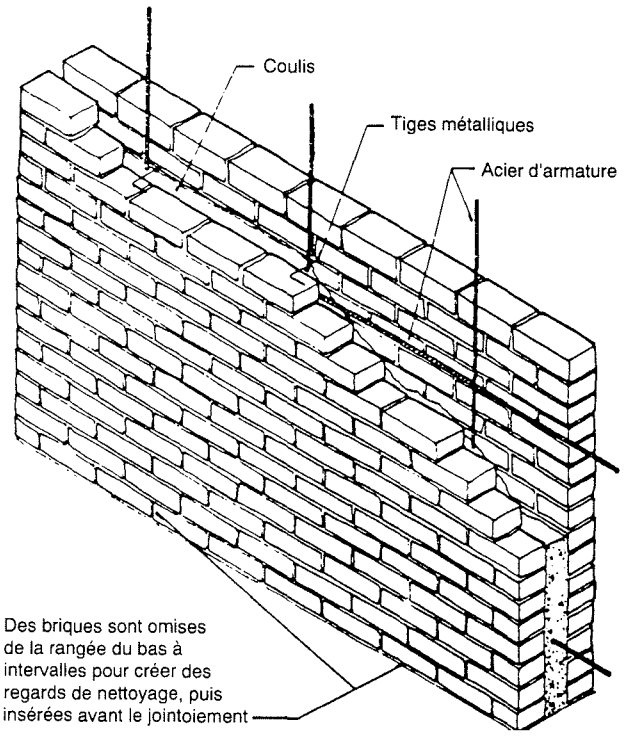


Figure 4-6c : Diagramme du mur usuel en maçonnerie armée

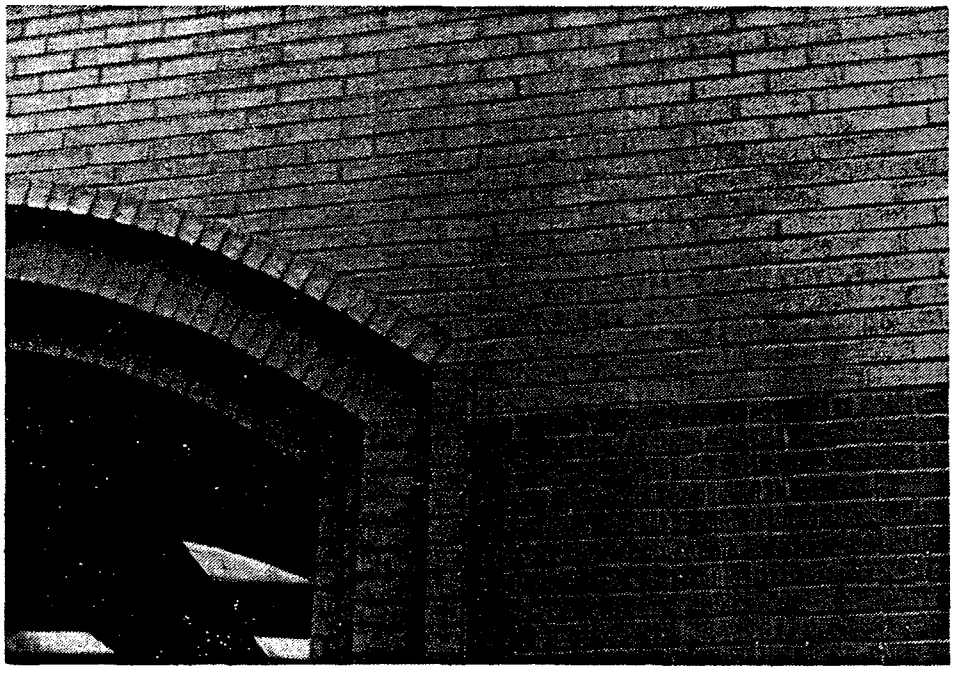


Figure 4-6d : Mur en maçonnerie armée sans boutisses apparentes

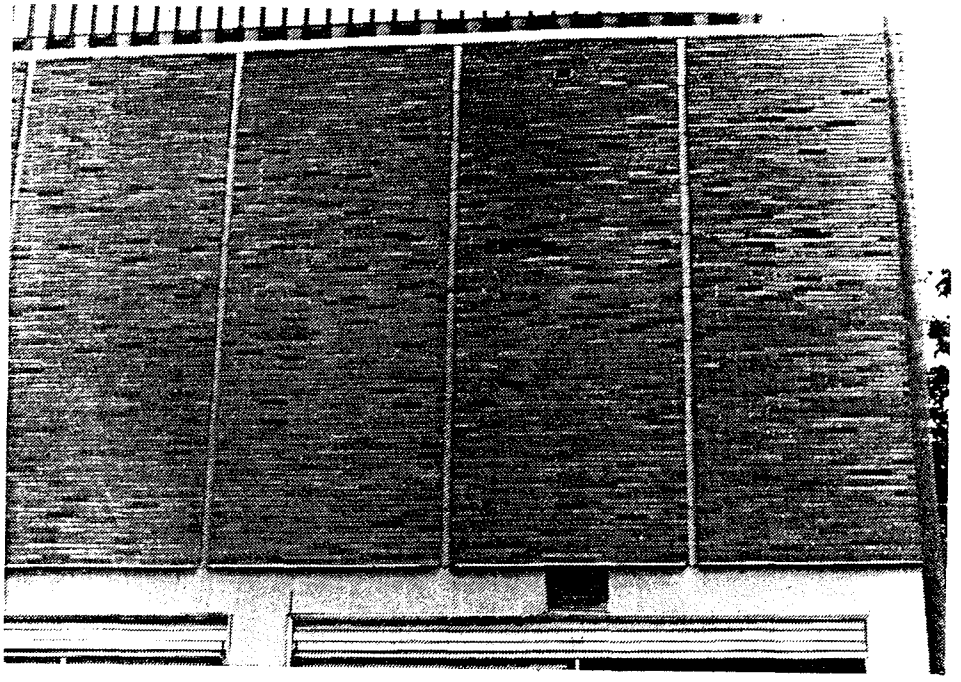


Figure 4-6e : Panneaux de placage de brique

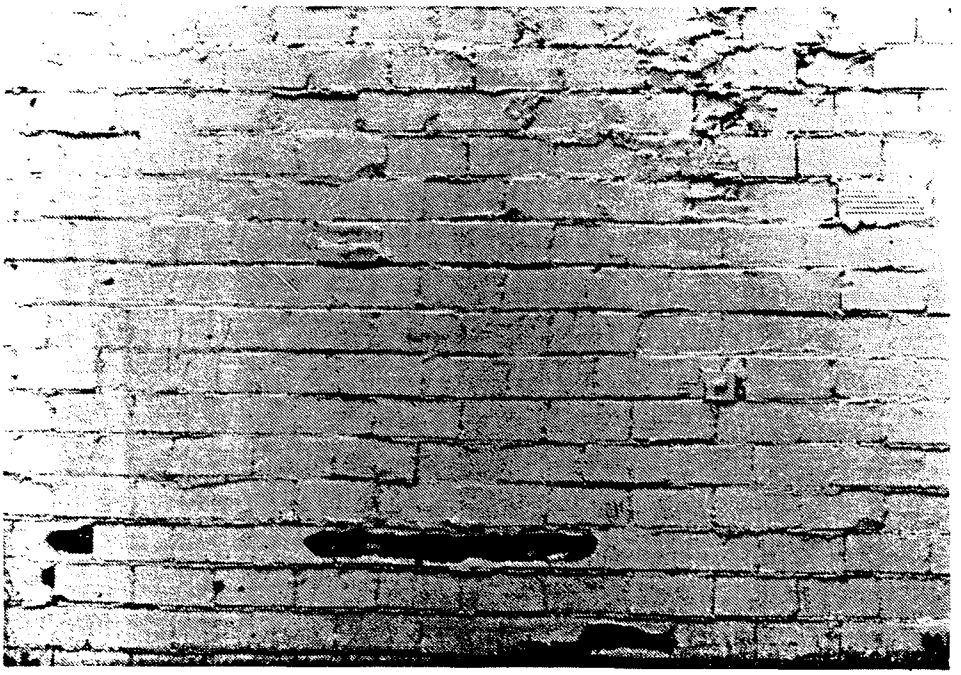


Figure 4-6f : Mur en briques de maçonnerie creuse

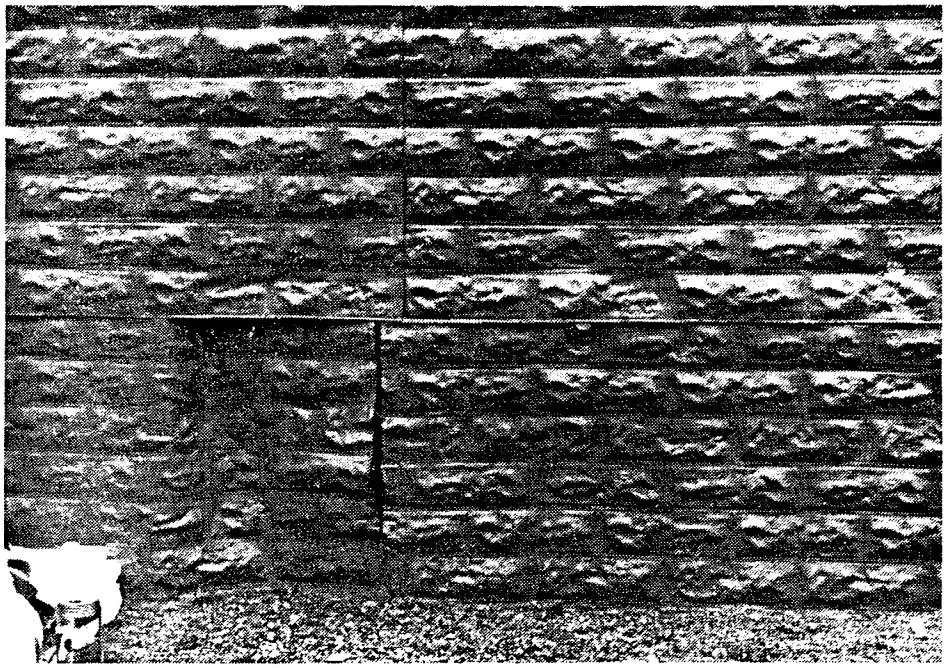


Figure 4-6g : Parement de tôle avec motif de maçonnerie

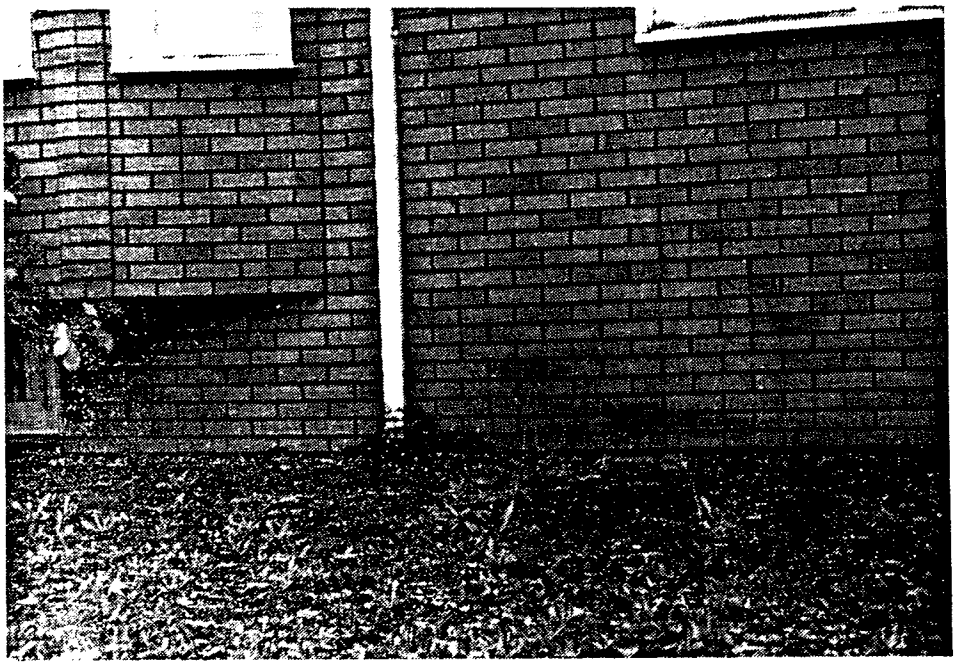


Figure 4-6h : Parement d'asphalte avec motif de brique

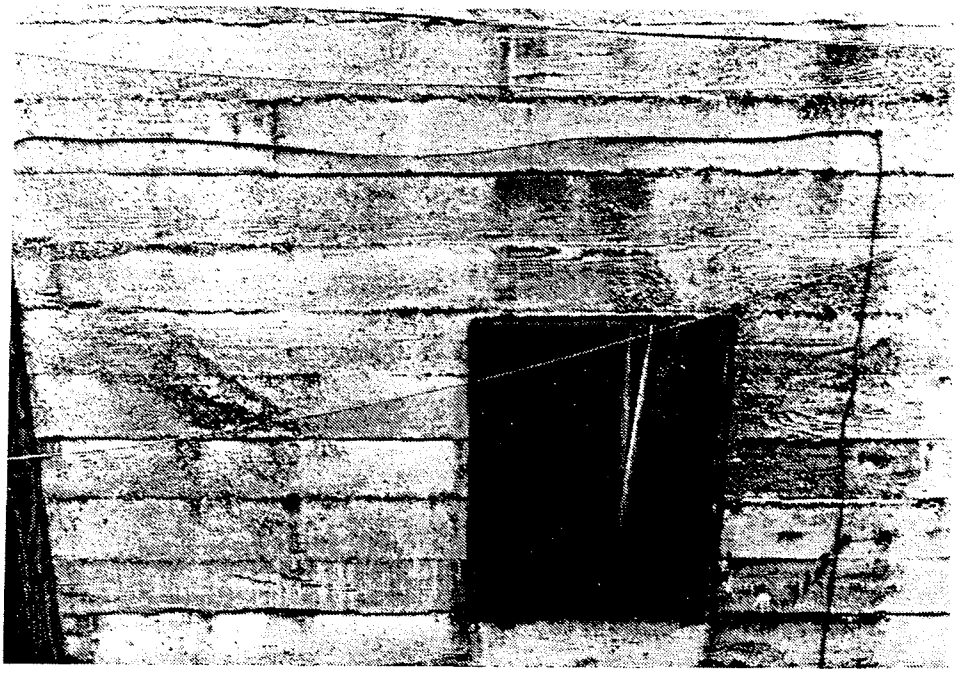


Figure 4-6i : Un vieux mur de béton (d'avant 1940) coulé sur place

près la brique et vérifier s'il s'agit de vraies briques (voir figure 4-6h). Ensuite, rechercher s'il y a des boutisses dans le motif de la brique. S'il y en a, il peut s'agir d'un mur de briques. Si cela n'est toujours pas clair après que ces détails ont été examinés, supposer qu'il s'agit d'un bâtiment en maçonnerie et le classer comme tel.

4.3.2.5 Poteaux et poutres en bois (PPB)

Les constructions à poteaux et poutres en bois sont souvent utilisées dans les bâtiments qui ont des toitures à grande portée. Il s'agit de bâtiments très grands comme des entrepôts, des bureaux, des églises, des cinémas, des postes d'incendie ou parfois des stations-service. Ce type de construction est généralement constitué de poteaux rectangulaires plus gros (ou parfois circulaires), assemblés à l'aide de grosses poutres en bois ou de fermes en bois. Dans certaines structures, il y a combinaison de ces matériaux.

Il peut être difficile de distinguer ces structures de celle du type 1 (OLB). En cas de doute, les traiter comme des structures PPB. Les bâtiments à poteaux en gros bois d'oeuvre devraient être considérés comme des PPB.

Le type de murs extérieurs peut varier du revêtement de bois à un placage de brique ou de pierre.

4.3.2.6 Ossature en acier résistant aux moments (OAM)

De l'extérieur d'un bâtiment, il est souvent très difficile de faire la distinction entre des ossatures en acier résistant aux moments, des ossatures contreventées et des ossatures avec murs travaillant en cisaillement de différentes sortes. Dans la plupart des bâtiments modernes, les contreventement ou les murs de cisaillement sont situés à l'intérieur ou recouverts d'un matériau de revêtement.

Il est également difficile de distinguer de l'extérieur entre structure à ossature en acier et structure à ossature en béton. Il n'y a pas de manière sûre de distinguer ces différents types d'ossature sauf dans deux cas :

1. Si on peut déduire qu'un bâtiment a une ossature contreventée, il s'agit probablement d'une structure en acier. Parfois, les contreventements peuvent être vu aux fenêtres extérieures.

2. Si l'on peut voir des poutres et des colonnes apparentes en acier, il s'agit alors d'une structure à ossature en acier. On doit noter que, spécialement dans les bâtiments plus anciens, une ossature structurale qui semble être en béton peut en réalité être une ossature en acier encastrée dans le béton en vue de la protection incendie.

4.3.2.7 Ossature contreventée en acier (OCA)

La structure à ossature contreventée en acier n'est généralement pas facile à reconnaître de l'extérieur. La figure 4-7 montre des pièces de contreventement diagonales massives pour un bâtiment de grande hauteur. Les pièces, posées dans les murs latéraux qui ont subséquemment été recouverts de matériaux de finition, ne seraient pas apparentes une fois la construction terminée. Toutefois, dans certains bâtiments modernes, le contreventement peut être apparent.

4.3.2.8 Ossature légère en acier (OLA)

Ce type de structure peut souvent être identifié facilement de l'intérieur parce que la structure est apparente. Pour identifier de l'extérieur ce type de construction, l'inspecteur devrait rechercher les caractéristiques suivantes :

1. Les bâtiments légers à structure de métal sont généralement caractérisés par un parement en tôle ondulée industrielle ou en amiante-ciment renforcé. L'expression « parement en feuilles » ne devrait pas être confondue avec « panneaux de construction en métal ». Ces derniers sont des panneaux de revêtement préfabriqués généralement utilisés pour des immeubles à bureaux. Le parement en tôle ondulée est un matériau en feuilles minces généralement fixé à des pannes, qui sont fixées elles-mêmes entre les poteaux. Si ce

revêtement en feuilles est présent, l'inspecteur devrait examiner de près les attaches utilisées. S'il peut voir des têtes de vis à métaux sur des rangées horizontales, le bâtiment est probablement une structure métallique légère (figure 4-8).

2. Le système structural type est généralement constitué de cadres résistant aux moments dans la direction transversale et de cadres contreventés dans la direction longitudinale. À cause de leurs systèmes structuraux, les bâtiments légers en métal ont généralement des toits à faible inclinaison sans parapet ou surplomb. La plupart de ces bâtiments sont préfabriqués, de sorte qu'ils sont la plupart du temps rectangulaires sans nombreux angles (figure 4-9).

3. Ces bâtiments ont généralement peu de fenêtres, étant donné qu'il est difficile d'aménager une fenêtre dans un système à tôle métallique.

4.3.2.9 Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton (AMB)

Il est souvent difficile de distinguer visuellement entre une ossature en acier avec murs de cisaillement en béton et d'autres types de structure, étant donné que les murs de cisaillement sont souvent recouverts de finis intérieurs et ne peuvent être distingués des cloisons intérieurs non structurales. Aux fins de la méthode de sélection, à moins que le mur de cisaillement soit indentifiable (par ex., le fini brut de béton faisait partie de l'esthétique architecturale du bâtiment, et a été laissé apparent), ce type ne peut être identifié, auquel cas il faut se reporter à la section 4-5.

4.3.2.10 Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (AMR)

Étant donné que l'ossature en acier est recouverte de maçonnerie non armée aux fins de la protection incendie (figure 4-10), il est très facile de confondre ce type de bâtiment avec les structures à murs porteurs en MNA. De plus, étant donné que les colonnes d'acier sont relativement minces, elles peuvent être dissimulées dans les murs. Ainsi, un mur apparemment en maçonnerie plein peut contenir une série de poteaux et de poutres. Il faut également noter que ces murs de remplissage ont généralement de deux à trois épaisseurs de briques. Par conséquent, il y aura parfois des boutisses, ce qui pourra amener l'inspecteur à conclure à tort que le bâtiment est une structure à murs porteurs en MNA, plutôt qu'à murs de remplissage.

Il arrive souvent que dans ces structures la maçonnerie soit apparente. La maçonnerie peut être dissimulée par le revêtement des bâtiments, spécialement de ceux qui ont subi des rénovations. Dans le cas d'un bâtiment en maçonnerie, l'inspecteur devrait déterminer en premier lieu si la maçonnerie est armée en vérifiant la date de construction, bien que ceci ne soit qu'une indication approximative.

Le fait que le bâtiment présente les caractéristiques d'une structure à ossature (voir la section 4.3.2.1) constitue un indice évident d'une structure à ossature en acier avec murs de remplissage en MNA. De nombreux bâtiments à ossature recouverts de briques et construits avant les années 40 sont de ce type. On doit noter, toutefois, que les bâtiments à ossature plus anciens peuvent être de plusieurs types : ossature en acier encastrée dans la MNA, ossature encastrée dans le béton et ossature en béton. Parfois, des bâtiments plus âgés sont dotés d'un revêtement décoratif comme un placage de terra-cotta ou de pierre. Les placages peuvent dissimuler tout signe de MNA. Dans ce cas, le type structural ne peut être déterminé. Toutefois, s'il semble qu'une grande quantité de béton ait été utilisée dans le bâtiment (par ex., un mur arrière construit en béton), il est alors peu probable que le bâtiment ait des murs de remplissage en MNA.

Lorsque l'inspecteur ne peut être sûr s'il s'agit d'un bâtiment à ossature ou à murs porteurs, il doit rechercher deux indices : l'épaisseur des murs et la hauteur. Étant donné que les murs de remplissage sont faits de deux ou trois parois de briques, ils devraient avoir une épaisseur d'environ 22 à 33 cm (9 à 13 po). De plus, le mur ne devrait pas être plus épais aux étages inférieurs parce que

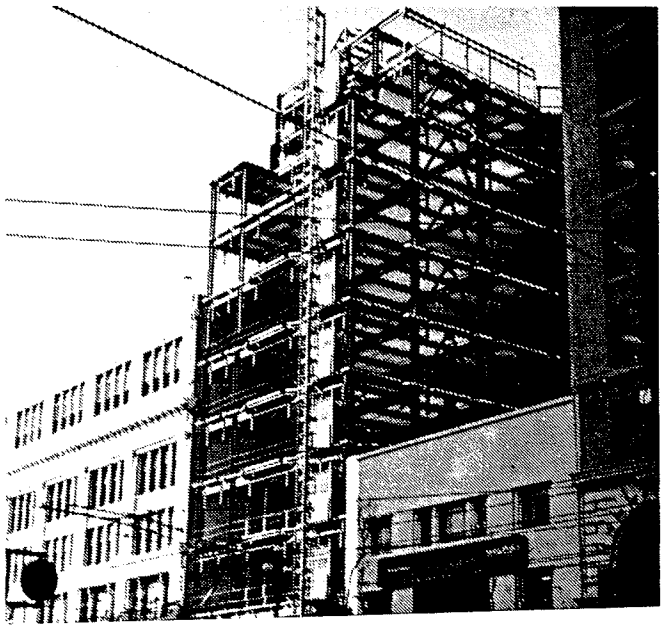


Figure 4-7a : Contreventement diagonal en acier dans des bâtiments en construction. Les pièces de contreventement diagonales seront recouvertes d'un matériau de finition lorsque le bâtiment sera complété.

Figure 4-7b : Vue rapprochée d'un contreventement diagonal

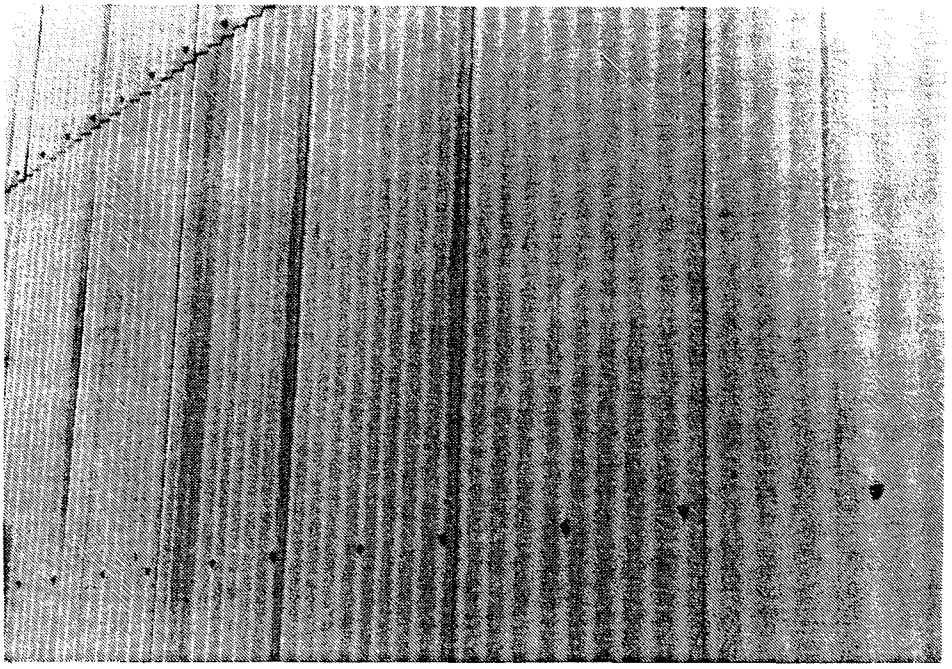


Figure 4-8 : Parement de tôle ondulée fixé à l'aide de vis

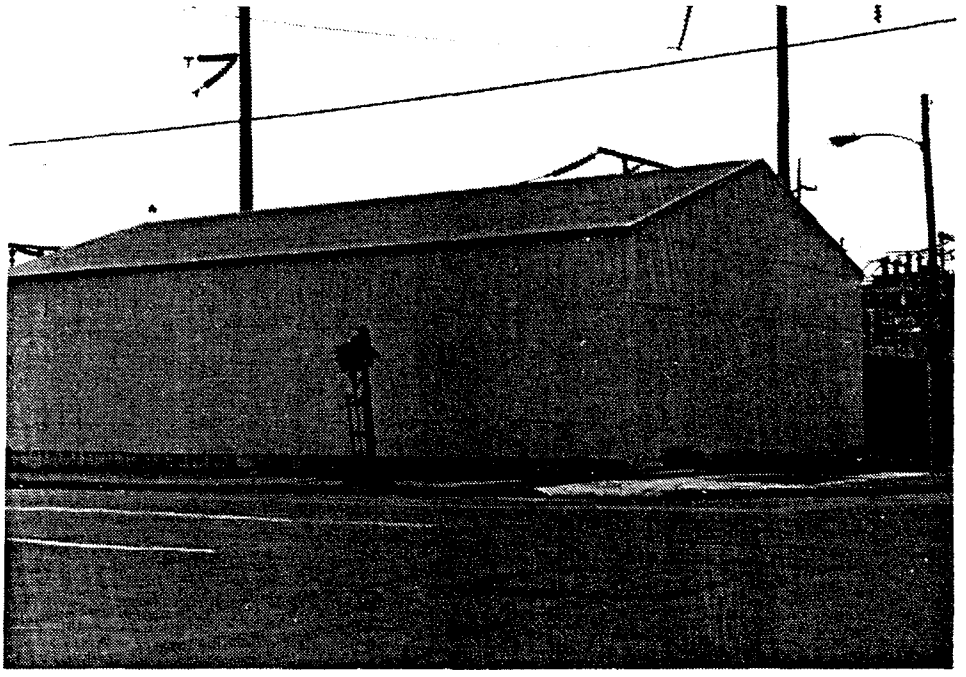


Figure 4-9 : Exemple d'un bâtiment en métal léger

l'ossature structurale porte la charge. Dans les bâtiments plus élevés, la hauteur indiquera si des murs porteurs en MNA sont utilisés. En effet, les structures à murs porteurs en MNA ont rarement plus de six étages et si tel est le cas, elles ont des murs extrêmement épais aux étages inférieurs.

4.3.2.11 Ossature en béton résistant aux moments (OBM)

Ce type de bâtiment est difficile à distinguer des bâtiments à ossature en acier résistant aux moments, à moins que le béton de charpente ait été laissé relativement apparent. Bien qu'une ossature en acier puisse être encastrée dans le béton et sembler être une ossature de béton, c'est rarement le cas pour les bâtiments modernes (d'après les années 40). Aux fins de la méthode de sélection rapide, on peut supposer que toutes les ossatures en béton apparentes sont des ossatures en béton et non en acier. Un facteur fondamental dans le comportement sismique des ossatures en béton résistant aux moments est la présence ou l'absence d'éléments de détail ductiles. Par éléments de détail ductiles, on entend les armatures transversales en acier à l'intérieur des poutres et colonnes en béton. Ces armatures spéciales assurent un confinement du béton, ce qui permet une bonne performance des éléments au-delà de leur capacité élastique, principalement en flexion. Grâce aux armatures transversales, la désintégration du béton est retardée, et le béton conserve sa force pour de nombreux cycles de charge. Sous un chargement cyclique de haute amplitude, le manque d'armatures transversales occasionne une désintégration rapide des éléments en béton ordinaire, suivi d'une rupture fragile et d'un effondrement possible du bâtiment.

L'exécution d'éléments de détail pour améliorer la ductilité dans les zones sismiques a été d'abord introduite dans le CNB de 1975, mais elle n'a pas permis d'obtenir la ductilité indiquée ci-dessus. L'exécution complète d'éléments de détails relatifs à la ductilité dans les zones sismiques est devenue une exigence seulement récemment (CNB de 1985). On a tenu compte de ce changement dans la ductilité au moyen du facteur de sélection C pour le type de structure, sur le formulaire de sélection. Il n'est pas possible de reconnaître ou de vérifier l'exécution des éléments de détail de renforcement à partir d'une inspection visuelle du bâtiment.

4.3.2.12 Murs en béton travaillant en cisaillement (MBC)

Les structures à ossature avec murs de cisaillement intérieurs sont souvent très difficiles à identifier avec certitude. Parfois, elles peuvent être identifiées de l'intérieur du bâtiment si le béton est apparent, par exemple, dans les cages d'escalier, les gaines d'ascenseur ou les sous-sols. Parfois, elles peuvent être décelées de l'extérieur (figure 4-11). Lorsque le bâtiment est visiblement une structure à caisse (voir section 4.3.2.1 sur l'identification des structures à ossature et à caisse), il comporte probablement des murs de cisaillement. Les bâtiments à murs de cisaillement en béton sont généralement en béton coulé sur place. Dans les structures à caisse en béton, l'épaisseur des murs varie de 15 cm à 25 cm (6 à 10 po) et est faible par rapport à celle des structures à murs porteurs en maçonnerie.

4.3.2.13 Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie travaillant en cisaillement (BMR)

Ces bâtiments ont été et continuent d'être construits dans des régions où la MNA n'a pas été éliminée (figure 4-12). La première étape de l'identification consiste à déterminer si la structure est suffisamment âgée pour contenir de la MNA. Ce type de bâtiment a généralement été construit avant 1940, dans des régions de sismicité élevée et peut encore être construit à l'heure actuelle dans d'autres régions. Généralement, ce sont des bâtiments commerciaux ou industriels à plusieurs étages. Contrairement aux ossatures en acier avec murs de remplissage en MNA, les ossatures en béton avec murs de remplissage en MNA montrent des signes évidents d'ossatures en béton. Ceci est particulièrement vrai pour les bâtiments industriels et habituellement pour les bâtiments commerciaux, dont on peut reconnaître l'ossature sur les côtés ou à l'arrière, ou de l'intérieur. Les poutres et les poteaux en béton sont relativement gros et ne sont généralement pas recouverts de maçonnerie, mais plutôt laissés apparents.

Il existe un cas où une structure à murs de remplissage en MNA ne peut être identifiée facilement, c'est l'immeuble commercial doté de grandes fenêtres sur tous les côtés ; ces immeubles peuvent avoir des cloisons intérieures en MNA. Un autre cas difficile se présente lorsque les murs extérieurs sont recouverts d'une tuile décorative ou d'un placage de pierre. Le matériau de remplissage peut être de la MNA ou du béton. Dans ces cas, le bâtiment a généralement une structure à ossature et non une structure à murs porteurs.

4.3.2.14 Ossature en béton préfabriquée (OBP)

L'usage de béton préfabriqué a commencé principalement dans les années 50, bien que la technologie ait été connue depuis longtemps. On ne devrait pas se fier seulement à la date de construction pour l'identification de ce type de structure, bien que la plupart des structures à ossature en béton préfabriquée aient été construites après 1960. Voici quelques caractéristiques particulières à ces structures:

1. De façon générale, le béton préfabriqué est d'une qualité et d'une précision supérieures à celles du béton coulé sur place. On peut également l'obtenir dans une plus grande gamme de textures et de finis. On doit noter que de nombreux bâtiments plus récents à charpente d'acier ont des panneaux de parement et des habillages de colonnes en béton précontraints (voir figure 4-13). Ainsi, la présence de béton préfabriqué ne signifie pas nécessairement qu'il s'agit d'une ossature en béton préfabriquée.

2. Les ossatures en béton préfabriquées sont essentiellement des constructions à poteaux et poutres en béton. Par conséquent, lorsqu'une structure en béton montre les caractéristiques d'un système de poteaux et poutres, il s'agit très probablement d'une ossature en béton préfabriquée. Il n'est généralement pas avantageux au point de vue économique qu'une ossature classique en béton coulé sur place ait l'apparence d'un système à poteaux et poutres. Les principales caractéristiques d'un système de poteaux et poutres en béton sont :

   a) les extrémités apparentes des poutres qui dépassent de leurs supports ou s'écartent de la surface du bâtiment ;

   b) l'absence de petites solives ;

   c) des poutres reposant sur le dessus des poutres maîtresses plutôt qu'à la rencontre d'un joint monolithique (voir figure 4-14a).

3. La présence d'éléments structuraux préfabriqués est généralement un bon indice de ce système, bien que ces éléments soient aussi utilisés dans les constructions mixtes. Les éléments structuraux en béton préfabriqués existent dans une variété de formes et de dimensions. Les types les plus courants sont parfois difficiles à détecter à partir de la rue. Des exemples moins courants, mais plus évidents, sont montrés aux figures 4-14a et 4-14b. Les principaux éléments en béton préfabriqués sont :

   a) T ou doubles T - il s'agit de poutres profondes avec âme et semelles minces et qui ont de grandes capacités de portée (la figure 4-14a montre des doubles T ; toutefois, contrairement à l'exemple illustré sur cette figure, il arrive souvent que les extrémités ne soient pas apparentes) ;

   b) colonnes en forme de croix ou de T - ces unités structurales servent pour les ossatures résistant aux moments. Elles sont généralement assemblées sur place par soudage. Les joints devraient être clairement visibles à mi-portée des poutres ou à mi-hauteur des colonnes (voir figure 4-14b) ;

   c) arches préfabriquées - les arches et les piédestaux préfabriqués sont

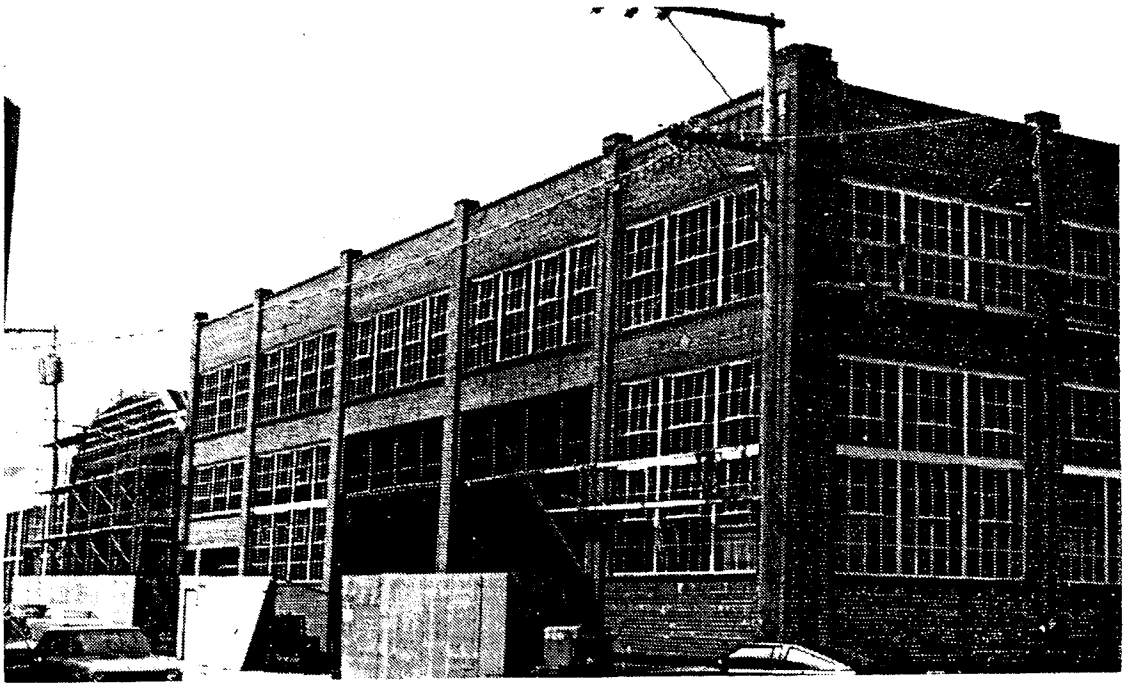


Figure 4-10 : Exemple d'ossature en acier avec murs de remplissage en MNA (AMR)

Figure 4-11 : Bâtiment à murs de béton travaillant en cisaillement, vu de l'extérieur (MBC)

Figure 4-12 : Exemple d'ossature en béton avec murs de remplissage en MNA (AMR)

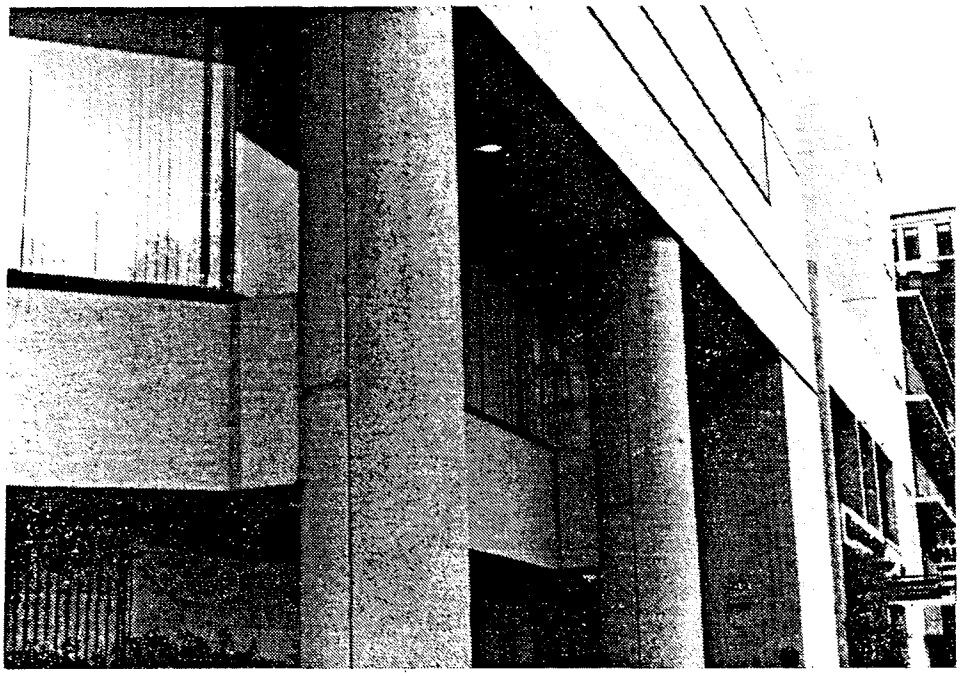


Figure 4-13 : Exemple de recouvrement en béton préfabriqué

très répandus dans l'architecture de ces bâtiments ;

d) colonne - lorsqu'une colonne montre un fini préfabriqué sans indice quelconque d'un habillage (par ex., aucune soudure verticale ne peut être décelée), la colonne est probablement une colonne structurale préfabriquée.

Il reste cependant possible qu'une ossature en béton préfabriquée ne montre aucune des caractéristiques ci-dessus.

4.3.2.15 Murs en béton préfabriqués (MBP)

Les bâtiments à murs en béton préfabriqués sont une forme peu coûteuse de construction industrielle et commerciale légère qui s'est répandue de plus en plus dans l'ouest et le centre du Canada depuis les années 50. Ce sont généralement des bâtiments à un et parfois à deux étages de hauteur ayant un système de structure à caisse. Remarquer que cela signifie que les murs constituent le système résistant aux charges latérales. Le défaut principal dans les bâtiments mis en place par relèvement est parfois un manque d'ancrage solide entre les murs et les diaphragmes. Les murs extérieurs étaient traditionnellement formés et coulés sur le sol près de leur position finale, puis montés par grue et basculés en place sur la dalle sur terre-plein en béton. Pour les constructions plus récentes, il se peut qu'on amène par camion les panneaux muraux fabriqués à l'extérieur. Le toit peut être un diaphragme en contreplaqué supporté par des pannes en bois et des poutres lamellées-collées, ou un système de platelage de tôle d'acier et de solives, soutenu de l'intérieur du bâtiment par des colonnes en tuyaux d'acier. Les panneaux muraux sont fixés aux pilastres en béton coulé sur place ou à des colonnes en acier, ou le joint est simplement scellé à l'aide d'une coulée ultérieure. Ces joints sont la plupart du temps espacés de 6 à 10 m. La figure 4-15 montre un exemple de structure à murs préfabriqués mis en place par relèvement.

4.3.2.16 Murs porteurs en maçonnerie armée avec platelages en bois ou en métal (MAL)

Pour identifier une maçonnerie armée, on doit déterminer si le bâtiment est en maçonnerie et si celle-ci a été armée. Pour obtenir des renseignements sur la façon d'identifier une structure en maçonnerie, voir la section 4.2.3.4 qui porte sur les caractéristiques des matériaux de construction. La meilleure façon de déterminer si la maçonnerie a été armée consiste à comparer la date de construction avec la date d'entrée en vigueur des exigences du Code concernant l'utilisation d'armatures pour la maçonnerie dans le territoire relevant de l'autorité locale. En cas de doute, considérer le bâtiment comme étant en maçonnerie non armée du type MNA.

Les structures en maçonnerie armée sont généralement des structures à caisse. Ainsi, l'inspecteur devrait vérifier ceci en premier lieu (voir section 4.3.2.1 sur l'identification des structures à ossature et à caisse). Les bâtiments en maçonnerie armée peuvent avoir différents systèmes d'ossature de plancher. Les plus courants sont les ossatures légères en acier, en bois ou en béton (voir la section suivante).

L'inspecteur doit également déterminer si le bâtiment est recouvert d'un placage de maçonnerie ou s'il est en maçonnerie pleine (voir section 4.3.2.4). On doit noter qu'un parement de bois est rarement appliqué sur de la maçonnerie. Si la façade avant semble être en maçonnerie armée alors que les côtés du bâtiment portent un parement de bois, il s'agit probablement d'un bâtiment à ossature en bois dont la façade a été rénovée. Vérifier à l'arrière du bâtiment pour trouver des signes du type de construction d'origine.

Si l'on peut déterminer que les murs porteurs sont construits en blocs de béton, la maçonnerie peut être armée. Étant donné que les blocs de béton sont des unités de maçonnerie relativement nouvelles, les structures porteuses qui utilisent ces blocs sont probablement armées si le code local l'exigeait. Les blocs de béton existent dans une variété de dimensions et de textures. Les dimensions les plus courantes sont de 20 cm (8 po) de largeur sur 40 cm (16 po) de longueur sur 20 cm

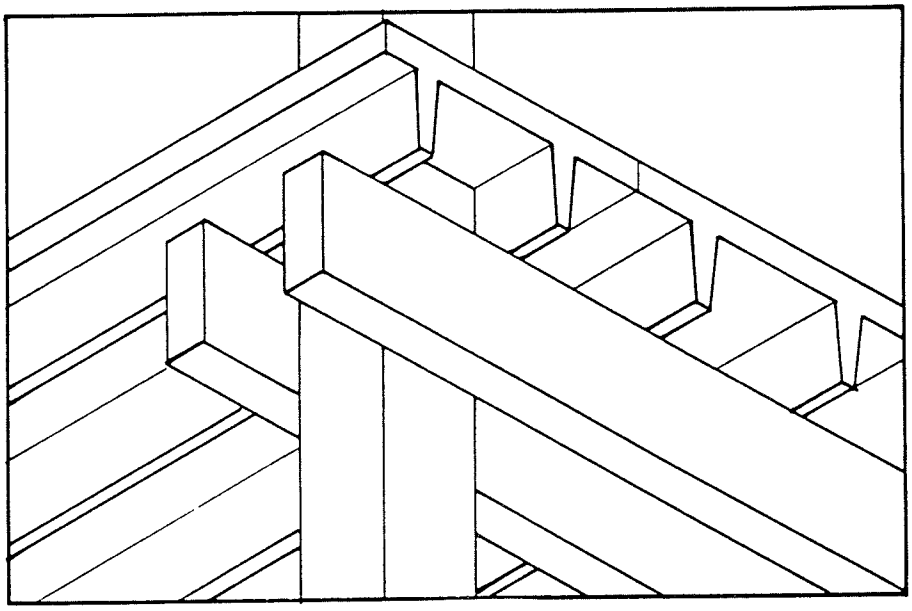


Figure 4-14a : Des sections en T doubles préfabriquées et apparentes et des poutres qui se chevauchent sont des indices d'ossatures en béton préfabriquées

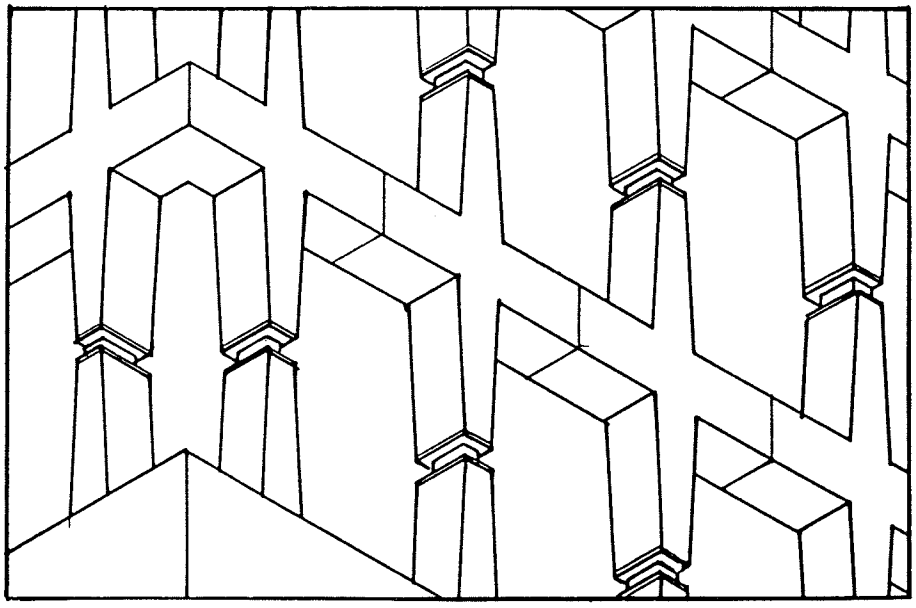


Figure 4-14b : Croix structurales préfabriquées

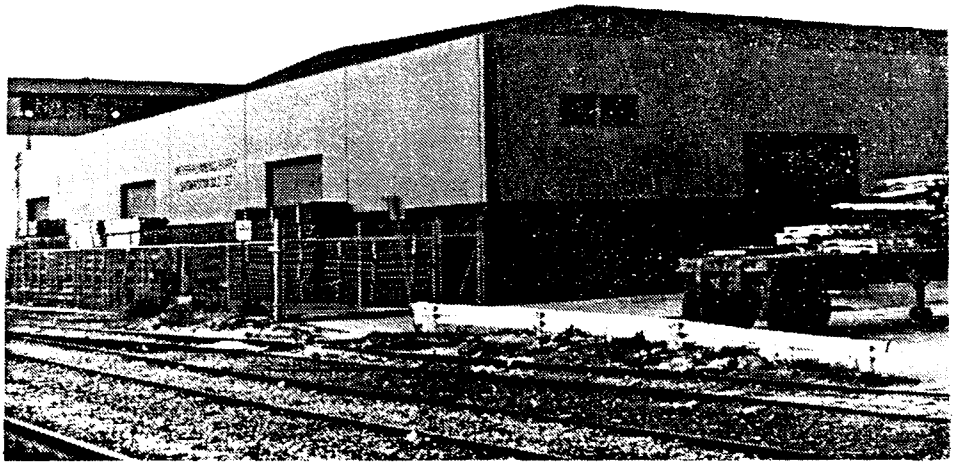


Figure 4-15 : Exemple de structure en béton préfabriquée (mise en place par relèvement) (MBP)

(8 po) de hauteur. On peut généralement détecter leur présence par le motif de blocs sur les murs, étant donné que les blocs de béton sont souvent laissés comme fini.

Si la structure a été identifiée comme étant une structure à murs porteurs en maçonnerie mais qu'il n'est pas clair si elle est armée ou non, elle devrait être considérée comme non armée, soit du type MNA.

4.3.2.17 Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton (MAB)

Toutes les caractéristiques descriptives données pour le type MAL s'appliquent également pour le type MAB. La seule différence est l'ossature du plancher, constituée d'un diaphragme en béton. On peut souvent déterminer s'il s'agit d'un diaphragme en béton en enlevant un panneau de plafond ou en examinant les cages d'escalier ou les gaines d'ascenseur. Autrement, il peut être difficile d'identifier une telle structure à cause de la grande variété de matériaux de finition utilisés pour les planchers et les plafonds recouverts.

4.3.2.18 Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée (MNA)

La première étape consiste à déterminer si la structure a des murs porteurs. Se reporter à la section 4.3.2.1 pour voir comment distinguer entre structures à ossature et structures à caisse. Deuxièmement, l'inspecteur devra déterminer l'âge approximatif du bâtiment. Voici quelques indices de maçonnerie non armée :

1. Si un bâtiment peut être identifié comme étant un bâtiment à murs porteurs de maçonnerie construit avant la date d'entrée en vigueur des exigences sismiques du code dans la localité, il est presque certain qu'il s'agit d'un bâtiment en MNA. Cette date peut varier considérablement d'un territoire à l'autre en fonction de l'autorité dont il relève, même si les deux territoires se trouvent dans la même zone sismique.

2. Certaines structures de ce type auront des plaques d'ancrage visibles à la ligne de plancher et la ligne faîtière, à environ 2 à 3 m au milieu du périmètre du bâtiment.

   Ces plaques d'ancrage sont généralement des plaques d'acier de forme carrée ou en losange, mesurant environ 15 cm x 15 cm, avec un boulon et un écrou au centre (voir figure 4-16). Leur présence indique que des tiges d'ancrage ont été placées pour relier les murs au plancher et au toit. Celles-ci font partie de la construction d'origine ou ont été ajoutées lors d'une modernisation. Lorsque ces ancrages sont présents sur tout le tour du bâtiment, la construction d'origine est une structure à murs porteurs en MNA.

3. Lorsqu'un bâtiment a plusieurs murs extérieurs pleins construits en briques creuses et qu'aucune colonne d'un autre matériau ne peut être détectée, il ne s'agit probablement pas d'une structure à murs porteurs en MNA, mais probablement d'une structure à ossature en bois ou en métal avec remplissage de MNA.

4. Une façon de distinguer un bâtiment en maçonnerie armée d'un bâtiment en maçonnerie non armée consiste à examner attentivement le motif des briques. Dans le cas d'un bâtiment en maçonnerie armée, on ne peut généralement pas voir de boutisses à la surface des murs.

Si un bâtiment ne montre pas les caractéristiques ci-dessus, ou si l'extérieur est recouvert d'un autre matériau de finition, le bâtiment peut cependant être en MNA. L'inspecteur doit faire preuve de jugement et utiliser la plus haute valeur de C correspondant aux autres types de structure possibles.

4.3.3 **Irrégularités** (case D du formulaire)

Dans cette section, on présente un résumé des diverses irrégularités ou défauts reliés à la vulnérabilité sismique des bâtiments. Ils sont très importants dans le processus de sélection et sont relevés au cours des inspections des lieux ou des examens des dessins. L'identification correcte des irrégularités est basée en grande partie sur l'expérience technique personnelle de l'inspecteur

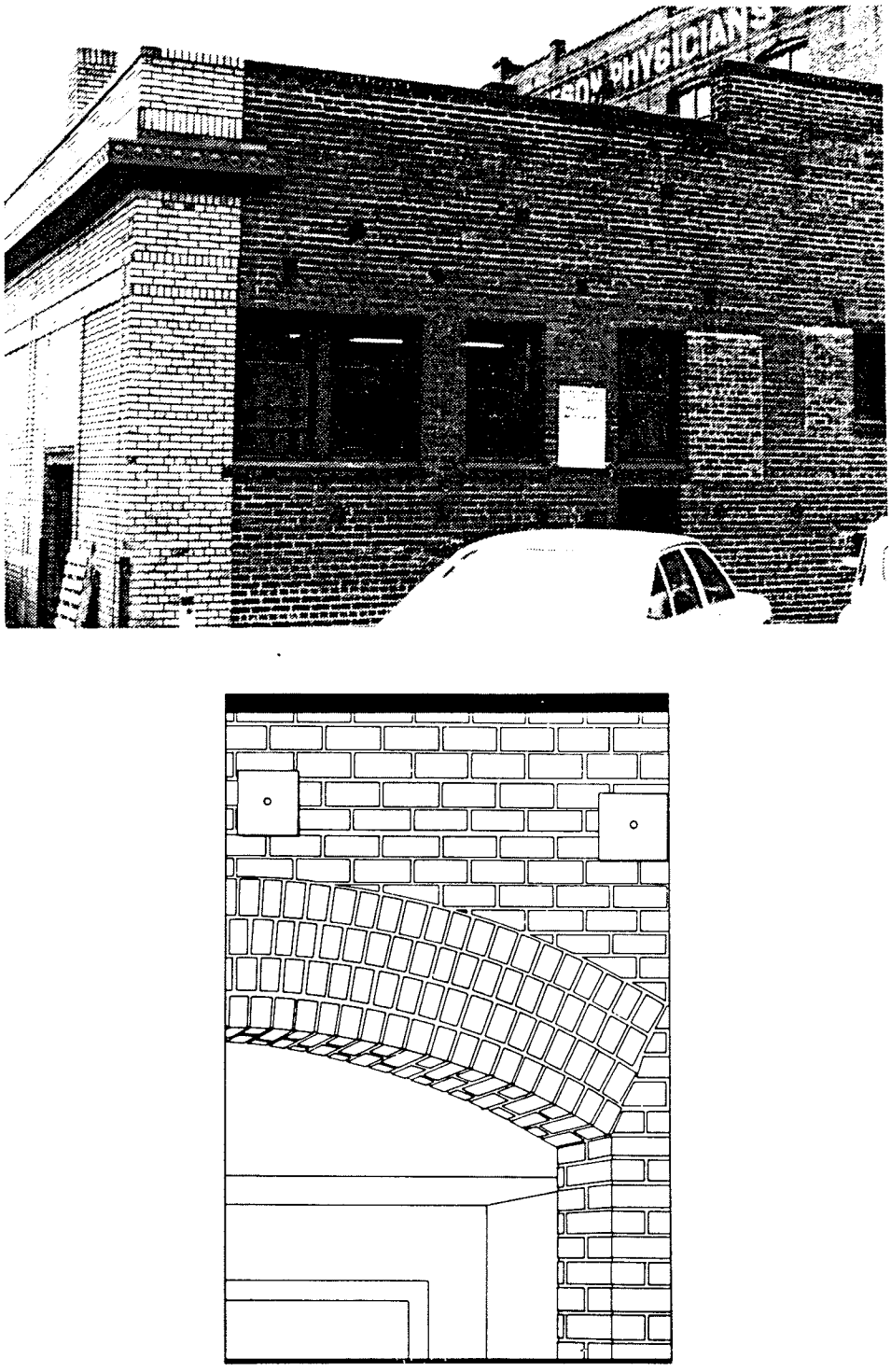


Figure 4-16 : Plaques d'ancrage indiquant que le bâtiment est une structure à murs porteurs en MNA

4.3.3 **Irrégularités** (case D du formulaire)

Dans cette section, on présente un résumé des diverses irrégularités ou défauts reliés à la vulnérabilité sismique des bâtiments. Ils sont très importants dans le processus de sélection et sont relevés au cours des inspections des lieux ou des examens des dessins. L'identification correcte des irrégularités est basée en grande partie sur l'expérience technique personnelle de l'inspecteur responsable de la sélection.

4.3.3.1 Irrégularité verticale

Si le bâtiment présente des changements abrupts dans les dimensions du plan dans le sens de sa hauteur (voir figure 2-14) ou si les murs ne sont pas perpendiculaires au sol, alors le facteur d'irrégularité verticale s'applique. Si le bâtiment est situé à flanc de colline de sorte que sur la largeur du bâtiment, la pente monte d'au moins un étage de hauteur, il peut exister un problème parce que la rigidité au mur du bas de la colline est différente de celle au mur du haut. Dans ce cas, le facteur mentionné ci-dessus devrait être appliqué.

L'irrégularité est une caractéristique difficile à définir et il faut beaucoup de jugement et d'expérience pour la constater. Essentiellement, si le bâtiment semble non régulier suivant la verticale d'une façon appréciable, s'il présente des discontinuités dans les trajets de charge ou des décrochements majeurs, alors ce facteur s'applique.

4.3.3.2 Irrégularité horizontale (torsion)

Comme il a été mentionné à la section 2.4, lorsqu'il y a des angles internes aigus, des dommages accrus sont susceptibles de se produire. Ce problème est courant dans les bâtiments de forme irrégulière (L, V, E et T - voir figure 2-14) qui ont de longues ailes. Si la longueur de la projection d'une aile au-delà d'un angle interne est supérieure à 15 % de la dimension du plan dans la direction donnée, la structure peut être considérée comme ayant une irrégularité en plan.

Il existe deux autres types d'irrégularités en plan : des bâtiments à longs murs porteurs minces et des bâtiments très gros mis en place par relèvement (surface supérieure à 10 000 m^2), sans murs intérieurs pour résister aux forces sismiques. Dans le premier cas, le bâtiment peut offrir une bonne résistance aux charges latérales dans le sens de la grande dimension, mais peu de résistance dans le sens de la petite dimension. Ceci est particulièrement vrai si les murs courts ont de nombreuses fenêtres. Un bâtiment long et étroit (le rapport de la longueur à la largeur étant supérieur à 2), à ossature en bois, constituerait un bon exemple.

Bien que le facteur irrégularité horizontale puisse s'appliquer à tous les types de bâtiments, les constructions mises en place par relèvement, à ossature préfabriquée, en bois, en maçonnerie armée et en maçonnerie non armée sont les premières visées. Des dommages aux éléments d'assemblage peuvent réduire de façon importante la capacité des éléments verticaux porteurs, menant à un effondrement partiel ou total.

Lorsqu'il y a des excentricités majeures dans le système résistant aux forces latérales (voir section 2.4), il peut se produire une torsion importante du bâtiment, ce qui augmente les risques de dommages graves ou d'effondrement.

On retrouve cette situation particulièrement dans les bâtiments d'angle ou en forme de biseau, dans lesquels deux côtés adjacents à la rue ont des ouvertures très grandes, alors que le ou les autres côtés sont généralement pleins, comme le montre l'exemple de la figure 2-15.

4.3.3.3 Colonnes courtes en béton

Appelées également « colonnes-tronçons », ces colonnes constituent principalement un défaut dans les bâtiments en béton. Il s'agit de colonnes qui avaient été conçues pour avoir la pleine hauteur d'un étage, mais qui, à cause d'ajouts ultérieurs de poutres de rive ou de sections de mur entre les colonnes, ont une hauteur réelle substantiellement inférieure à la pleine hauteur d'un étage. Le mur ou les poutres de rive ont pour effet d'augmenter la rigidité de flexion des colonnes, de sorte que celles-ci absorbent une charge latérale beaucoup plus grande que celle qui avait été calculée d'abord. Souvent, ceci amène une rupture fragile en cisaillement des colonnes. Ce cas

représente un problème particulièrement grave lorsque les poutres de rive ou les murs augmentant la rigidité ne sont pas placés symétriquement, de sorte que les forces de cisaillement sont encore plus concentrées. Un exemple type pourrait être un vieux garage de stationnement ayant des murs barrières de 1 à 2 mètres de hauteur. La présence d'un écart sismique entre les colonnes et les murs ou les poutres de rive augmentant la rigidité pourrait indiquer que ce facteur ne doit pas être appliqué. Une colonne de béton peut être considérée comme « courte » lorsque sa hauteur apparente est inférieure à quatre fois sa largeur.

4.3.3.4 Niveau non rigide

Cette situation se réfère à une réduction importante de la rigidité causée par des murs de cisaillement discontinus et des ouvertures. Généralement, il en résulte qu'un des étages a beaucoup moins de rigidité que la plupart des autres. On considère qu'un niveau est non rigide lorsque sa rigidité latérale est à peu près égale ou est inférieure à la moitié de celle du niveau immédiatement supérieur. Des murs de cisaillement ou de remplissage qui ne continuent pas jusque sur les fondations en sont des exemples. Il est difficile de vérifier s'il s'agit de niveaux non rigides si on ne connaît pas la méthode de calcul utilisée pour la construction et la façon dont les forces latérales doivent être transmises d'un étage à l'autre, c'est-à-dire, par ex., au moyen de murs de cisaillement dans le bâtiment qui ne sont pas visibles de l'extérieur. Par conséquent, en cas de doute, il est préférable d'être prudent et d'indiquer la présence d'un niveau non rigide. Utiliser un astérisque et la section Commentaires pour expliquer la source de l'incertitude.

Le premier étage est souvent un niveau non rigide à cause de la présence de grandes baies de fenêtre servant à des vitrines. Si un étage est particulièrement haut et (ou) s'il a des fenêtres sur tous les côtés, il faut supposer qu'il s'agit d'un niveau non rigide si les étages au-dessus ont beaucoup moins de fenêtres. Si, à cet étage, deux ou trois murs adjacents sont pleins ou ont seulement de petites ouvertures, alors on devrait considérer qu'il s'agit d'une irrégularité horizontale (torsion).

Un bâtiment peut être adéquat dans une direction, mais avoir un niveau non rigide dans la direction perpendiculaire. Par exemple, les murs avant et arrière peuvent être ouverts, mais les murs latéraux peuvent être pleins.

4.3.3.5 Collision de bâtiments

Il se produit une collision de bâtiments lorsqu'il y a peu d'espace entre des bâtiments adjacents. Si la distance séparant des bâtiments est inférieure à 20 Z_v fois le nombre d'étages (en mm), où Z_v représente la zone sismique reliée à la vitesse du CNB, il faut tenir compte des risques de collision et le facteur collision de bâtiments doit être inclu. Les bâtiments se frappent l'un contre l'autre à mesure qu'ils fléchissent pendant un séisme. Si les planchers de deux bâtiments sont à différentes hauteurs, cet effet est particulièrement important, étant donné que le plancher d'un bâtiment peut frapper contre les colonnes d'un autre, détruisant celles-ci et causant un effondrement partiel ou total. Le risque de collision s'applique généralement aux bâtiments à ossature (OAM, OCA, AMM, OBM, MBP, BMR). Parfois, il peut également s'appliquer aux bâtiments à ossature légère en bois (OLB) et à d'autres types de construction.

4.3.3.6 Modifications majeures

Tout changement dans la fonction ou l'usage, ou tout ajout au bâtiment, qui produit une augmentation importante de la charge ou du poids tombe dans cette catégorie d'irrégularités. Les modifications majeures ne peuvent être identifiées qu'avec la collaboration étroite du propriétaire ou par un examen des dessins de construction en plus d'une visite des lieux.

4.3.3.7 Détérioration

Si des éléments structuraux ont été endommagés, ou si le bâtiment est visiblement dans un état médiocre, le facteur détérioration doit être inclu. L'état médiocre d'un bâtiment peut dépendre d'éléments en acier ou de renforts corrodés, d'éléments en bois pourri, d'éléments de béton ou de maçonnerie effrités.

4.3.4 Risques reliés aux éléments non structuraux (case F du formulaire)

Les risques reliés aux éléments non structuraux couvrent : les chutes d'objets représentant un danger pour la sécurité des personnes et les interruptions des opérations essentielles dans le cas de bâtiments stratégiques ayant des exigences d'exploitation spéciales. L'ancrage des éléments non structuraux à la structure est un facteur clé pour l'évaluation du risque sismique. Toutefois, il est généralement très difficile de vérifier l'ancrage d'éléments non structuraux parce qu'ils sont généralement dissimulés. La méthode de sélection sismique suppose que c'est généralement le cas.

4.3.4.1 Risques de chutes d'objets

Les risques de chutes d'objets représentant un danger pour la sécurité des personnes visent généralement les éléments lourds non structuraux qui peuvent tomber dans des aires d'occupation humaine, des corridors, des escaliers et des issues. Ils peuvent être classés en deux catégories : les dangers extérieurs et les dangers intérieurs. Les dangers extérieurs comprennent les éléments architecturaux au-dessus des issues et des allées, comme les cheminées en maçonnerie, les parapets, les placages et les panneaux de béton ou de pierre préfabriqués. Les dangers intérieurs incluent les cloisons en maçonnerie, le matériel lourd ou les rayonnages qui peuvent s'effondrer sur des aires d'occupation humaine.

4.3.4.2 Risques pour les opérations essentielles

Les risques pour les opérations essentielles concernent les dommages qui peuvent altérer les exigences d'exploitation continue de bâtiments spéciaux, autres que les bâtiments de protection civile mentionnés dans le CNB de 1990. Le propriétaire ou une autre autorité responsable de l'exploitation du bâtiment devrait fournir une liste des articles essentiels à vérifier. Ces articles peuvent différer d'une installation stratégique à une autre (voir section 4.2.6).

4.4 Système de pointage

Après avoir obtenu les renseignements nécessaires, on calcule une note sur le formulaire de sélection pour chaque bâtiment. Le pointage final, désigné comme étant l'indice de priorité sismique (IPS) sur le formulaire de sélection, est constitué de deux composantes qui sont traitées séparément à la fin de l'étude :

1. L'indice structural (IS), relié à l'endommagement ou à l'effondrement possible de la structure du bâtiment, et

2. L'indice non structural (INS), relié à la rupture ou à l'endommagement des éléments non structuraux du bâtiment.

L'indice structural (IS) est basé sur les facteurs suivants : sismicité et conditions du sol (mouvements du sol), type de structure et irrégularités structurales (comportement structural), et importance du bâtiment. Les valeurs numériques de tous les facteurs de sélection indiquent les degrés d'écart estimés par comparaison aux valeurs correspondantes dans le CNB de 1990.

L'indice structural (IS) se calcule de la façon suivante :

$$IS = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E$$

où :
A = sismicité
B = conditions du sol
C = type de structure
D = irrégularités
E = importance du bâtiment

Le facteur sismicité A a été d'abord mis au point à partir d'un examen des données de sismicité incluses dans les éditions récente et antérieures du *Code national du bâtiment du Canada*. Il varie de 1,0 (pour la zone sismique effective 2) à 4,0 (pour la zone 6). La zone sismique effective est déterminée conformément à la section 4.2.4, et aux indications du formulaire de sélection.

Le facteur conditions du sol B est basé sur le facteur fondations F dans les éditions récente

et antérieures du CNB. Combiné avec le facteur de sismicité A, il décrit les mouvements que le sol est susceptible de transmettre au bâtiment. La valeur de B varie de 1,0 pour le roc ou un sol dur à 2,0 pour un sol très mou ou liquéfiable.

Le facteur pour le type de structure C est relié au facteur semblable utilisé dans les exigences sismiques du CNB, appelé actuellement le facteur R, et appelé autrefois le facteur K. Ces facteurs évaluent le degré de solidité du système structural. Une faible valeur de C de 1,0 signifie que le système structural ou bien a de bonnes propriétés sismiques inhérentes, ou bien est calculé spécialement pour résister aux séismes, alors qu'une valeur élevée (jusqu'à 3,5 pour la MNA) indique un manque de solidité du système face aux secousses sismiques. Les valeurs numériques C ont été obtenues par une estimation du rapport de la performance sismique qu'on peut attendre du respect des exigences du code utilisé pour le calcul, à la performance prévue selon les exigences sismiques du CNB de 1990.

Le facteur irrégularités D est relié aux diverses irrégularités ou défauts des bâtiments qui augmentent la vulnérabilité sismique. Ce facteur comprend les éléments suivants : irrégularité verticale, irrégularité horizontale, colonnes courtes en béton, niveau non rigide, risques de collision, modifications et détérioration. Les valeurs les plus basses pour ces irrégularités tiennent compte de l'introduction des exigences de calcul parasismique du CNB relatives à ces irrégularités. Le facteur D s'obtient par le produit des divers facteurs individuels pour chaque irrégularité relevée pour le bâtiment, la valeur maximale de D étant fixée à 4,0.

Le facteur importance du bâtiment E est évalué à partir d'une combinaison de l'utilisation principale du bâtiment et de sa catégorie d'occupation. Il y a cinq catégories différentes : petit nombre de personnes ($N < 10$) ; nombre de personnes normal ($N = 10 - 300$) ; écoles ou grand nombre de personnes ($N = 301 - 3000$) ; protection civile ou très grand nombre de personnes ($N > 3000$) ; et bâtiments ayant des exigences d'exploitation spéciales telles que déterminées par un propriétaire ou l'autorité compétente. La méthode d'évaluation du nombre de personnes (N) est décrite dans la section 4.2.6.

L'indice non structural (INS) est basé sur trois facteurs : risques de chutes d'objets ou risques pour les opérations essentielles dans les bâtiments de protection civile, importance du bâtiment et conditions du sol :

$$INS = B \cdot E \cdot F$$

où : B, E sont décrits comme précédemment ;

$$F = \max (F_1, F_2)$$

où : F_1 = risques de chutes d'objets
F_2 = risques pour les opérations essentielles

Si aucun risque particulier n'est décelé, les valeurs de F_1 et F_2 sont égales à 1,0. Le risque de dommages non structuraux augmente pour les bâtiments qui sont flexibles (de types à ossature, bâtiments ayant un niveau non rigide, ou sujets à la torsion) ou ceux qui ont été détériorés. Les valeurs de F_1 et F_2 sont par conséquent augmentées de 3,0 à 6,0 pour ces cas.

Le pointage final, soit l'indice de priorité sismique (IPS), est obtenu de l'équation :

$$IPS = IS + INS$$

où : IS = indice structural,
INS = indice non structural

Après avoir employé la méthode de sélection et déterminé le pointage pour chaque bâtiment, soit la somme des indices structural et non structural, on doit donner une brève explication pour décrire le sens de ces indices. Fondamentalement, le pointage (indice de priorité sismique) est relié au risque sismique pour un bâtiment particulier, d'après le risque d'apparition d'un séisme précisé pour le CNB de 1990. Le pointage, toutefois, est basé seulement sur une évaluation rapide de chaque bâtiment et ne représente donc pas une mesure réelle du risque sismique. On doit l'utiliser seulement comme évaluation initiale pour décider quels bâtiments devraient faire l'objet d'une évaluation plus détaillée et pour établir un ordre de priorité.

4.5 Fiabilité des données

Une indication générale du degré de confiance de l'inspecteur devrait être fournie, en ce qui concerne l'identification des facteurs associés avec le type de structure du bâtiment, les irrégularités et l'importance du bâtiment. Utiliser un astérisque (*) pour indiquer que les données sont évaluées, subjectives ou non fiables. Les principales données qui pourraient tomber dans cette catégorie sont les suivantes : année de construction, CNB de conception, surface totale de plancher, conditions du sol, risques de chutes d'objets et risques pour les opérations essentielles. La section Commentaires devrait également être utilisé pour expliquer pourquoi l'astérisque a été utilisé.

Lorsque l'inspecteur a des doutes au sujet du type de structure, il devrait tenter d'éliminer tous les types non probables. Si l'inspecteur reste alors avec plusieurs options, le choix du type de structure devrait aussi être indiqué par un astérisque. Une approche prudente consisterait à recommander la valeur la plus élevée parmi les types possibles de structure.

5

CLASSEMENT ET SÉLECTION D'UN INVENTAIRE DE BÂTIMENTS

Après l'étude préliminaire de tous les bâtiments de l'inventaire, l'étape finale consiste à évaluer les pointages, avant de passer à la phase suivante : l'évaluation et la réduction des risques sismiques des bâtiments de l'inventaire.

5.1 Classement des bâtiments selon le pointage

En premier lieu, les bâtiments devraient être classés par ordre de priorité selon le pointage. Plus le pointage est élevé, plus la priorité est élevée. On peut obtenir ce résultat de trois façons : suivant l'indice de priorité sismique (IPS) pour le bâtiment dans son ensemble, suivant l'indice structural (IS) et suivant l'indice non structural (INS). Cette séparation peut être utile parce que les dangers reliés aux éléments non structuraux peuvent devenir plus graves que les dangers reliés aux éléments structuraux dans les zones de faible sismicité, et que l'évaluation sismique détaillée et la modernisation des éléments non structuraux peuvent être faciles à effectuer. Le formulaire d'inventaire de sélection sismique à l'annexe C, qui permet ces trois options de sélection, peut être utilisé à cette fin. Une fois que les bâtiments sont classés, on peut les regrouper en catégories de priorité en vue d'une évaluation plus approfondie. L'élimination des bâtiments qui ont un faible pointage constitue une décision importante puisque ceux-ci ne seront pas soumis à une évaluation détaillée.

5.2 Note de passage pour l'élimination des bâtiments à faibles risques

Une question demeure : qu'est-ce qu'un pointage acceptable ? C'est une question qui s'adresse aux propriétaires ou à l'autorité en matière de construction, une question qui les force à examiner les coûts de la sécurité en regard des bénéfices. Les coûts de la sécurité incluent les coûts de l'étude et de l'examen en détails de centaines ou parfois même de milliers de bâtiments, en vue de faire ressortir la fraction de ceux-ci qui subiraient des dommages majeurs advenant un séisme. Ces coûts incluent également une évaluation des coûts qu'entraînerait le renforcement des bâtiments désignés comme étant trop vulnérables. Le bénéfice le plus important est la prévention de pertes de vie et de blessures, grâce à une réduction des dommages que subiraient les bâtiments renforcés. Cette réduction des dommages aura également pour conséquences des dommages matériels moins lourds et des perturbations moins graves de nos activités et affaires quotidiennes. Le repérage des bâtiments dangereux et la réduction des risques de danger qu'ils présentent sont essentiels, parce qu'il existe des milliers de bâtiments situés dans des régions du Canada (parties de la côte ouest, vallée du Saint-Laurent et environs) de sismicité moyenne à élevée, susceptibles de subir des dommages et de causer des pertes de vie dans l'éventualité d'une violente secousse sismique.

Le propriétaire ou l'autorité compétente devrait prendre en compte les coûts et bénéfices de la sécurité sismique et décider quel pointage indique la nécessité d'une évaluation ultérieure détaillée. Une note de 1,0 à 2,0 pour l'IS ou l'INS indiquerait essentiellement une pleine conformité au CNB de 1990 et de tels bâtiments devraient être considérés comme étant adéquats du point de vue de la sécurité sismique. Aux fins d'un classement d'un inventaire de bâtiments, il est suggéré que, comme point de départ, des notes d'IPS inférieures à 10 indiquent une faible priorité, de 10 à 20 une priorité moyenne et de plus de 20 une haute priorité en ce qui a trait à la nécessité d'une évaluation sismique ultérieure plus détaillée. Les bâtiments ayant un IPS supérieur à 30 peuvent être considérés comme potentiellement dangereux.

ANNEXE A

ZONES SISMIQUES SELON LE CNB DE 1990

On trouvera des renseignements sur les zones sismiques des différentes régions du Canada dans le *Supplément du Code national du bâtiment du Canada 1990*, chapitre 1, Données climatiques pour le calcul des bâtiments au Canada.

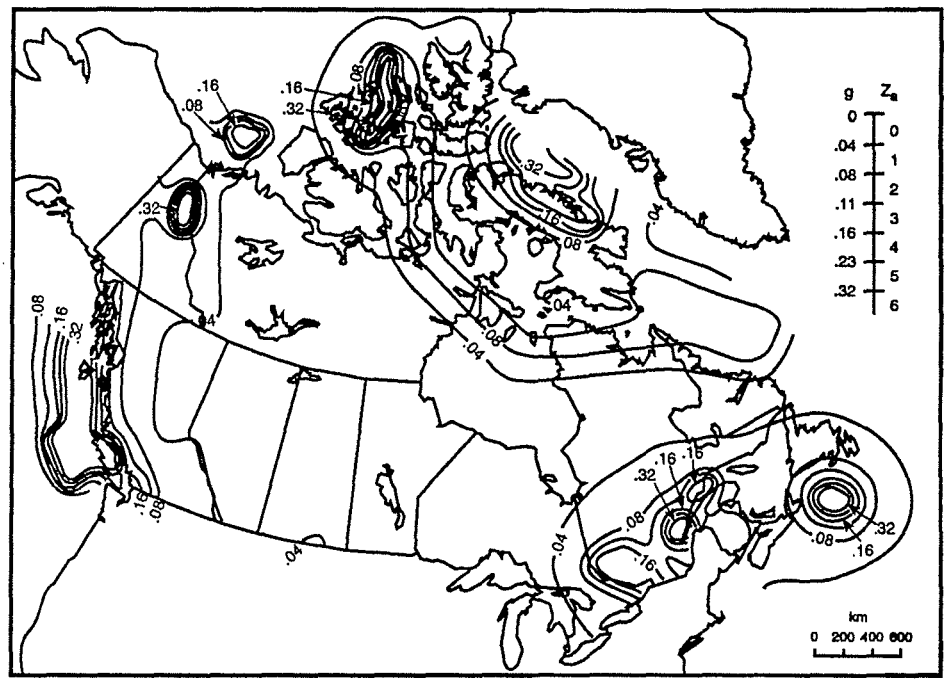


Figure A-1 : Contours des accélérations horizontales maximales du sol, en fraction de g, avec une probabilité de dépassement de 10 % en 50 ans (du Commentaire J, CNB 1990)

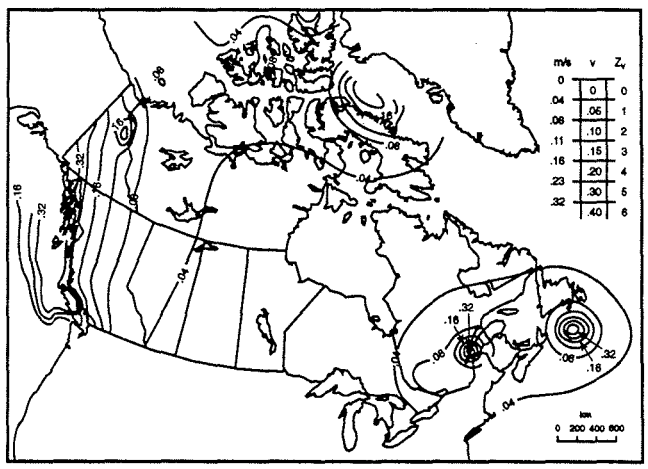


Figure A-2 : Contours des vitesses horizontales maximales du sol, en m/s, avec une probabilité de dépassement de 10 % en 50 ans (du Commentaire J, CNB 1990)

ANNEXE B

EXEMPLES

Afin d'illustrer la méthode de sélection sismique, on présente ici trois exemples qui devraient donner un bon aperçu de la méthode. De brèves descriptions des bâtiments sont présentées ci-dessous.

Exemple 1 - Un bâtiment de quatre étages à ossature en bois avec murs de poteaux, le premier étage étant occupé par des garages, et ayant une irrégularité évidente désignée « niveau non rigide ». Les fondations sont faites de briques, posées sur des argiles molles d'une épaisseur totale supérieure à 10 m. Les murs sont construits d'un parement de bois horizontal avec placage de brique. Le toit est fait de solives et de chevrons en bois, avec revêtement diagonal. L'immeuble n'a aucune irrégularité en plan. Le bâtiment sert principalement à des fins résidentielles. Année de construction : 1926. L'immeuble est situé dans la zone sismique effective 5.

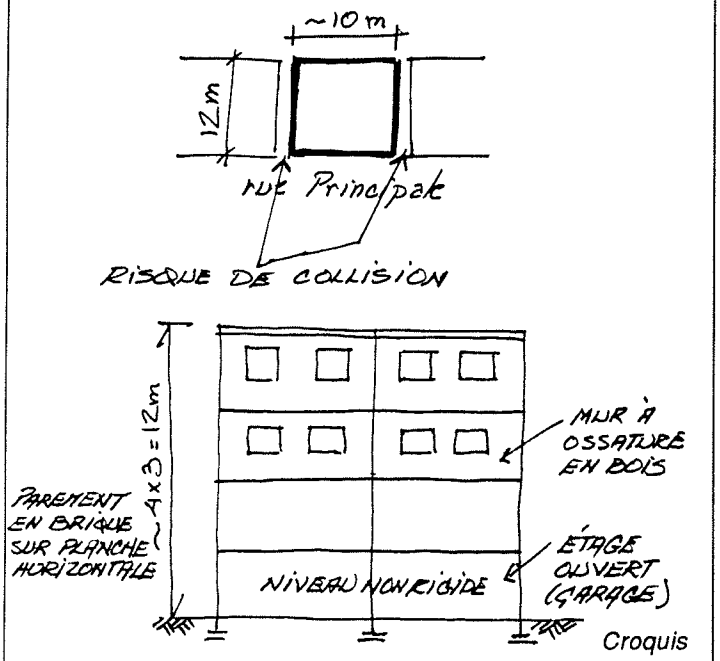
Exemple 2 - Un bâtiment à deux étages à ossature en acier de 36,6 m x 36,6 m (120 pi x 120 pi) en plan, avec baies de 6,1 m x 6,1 m (20 pi x 20 pi). Le bâtiment a été construit en 1956 dans la zone sismique effective 5, sur un certain nombre de couches de sols différents. L'épaisseur totale des argiles molles est inférieure à 15 m. Il n'y a pas de murs structuraux. Les murs extérieurs ont des fenêtres tout autour et les murs intérieurs forment des cloisons non structurales. Le plancher est fait d'un platelage en métal relié à des poteaux d'acier. Il y a des ossatures dans les deux directions, transversale et longitudinale. Les semelles du haut et du bas des poutres sont reliées aux ailes des colonnes à l'aide de cornières de fixation. Ainsi, le bâtiment possède une structure à ossature dans les deux directions ayant une certaine capacité de résistance aux moments.

Exemple 3 - Bâtiment industriel à un étage mesurant 56,4 m x 161,0 m (185 pi x 528 pi) en plan. Le bâtiment a été construit en trois étages en 1940 dans l'aire de zone sismique effective 4. Les fondations reposent sur des couches de sols différentes et l'épaisseur totale de l'argile molle est supérieure à 15 m. Le bâtiment est relativement ouvert ; le système structural est facile à discerner. Il y a des cadres transversaux résistant aux moments à 7,31 m (24 pi) d'entraxe. Ces cadres ont trois baies de différentes largeurs et hauteurs. Dans la direction transversale, le bâtiment peut par conséquent être classé comme OAM (ossature en acier résistant aux moments). Dans la direction longitudinale, il y a un contreventement diagonal le long des quatre cadres transversaux dans sept des 22 baies de 7,31 m (24 pi). Dans cette direction, le bâtiment peut être classé comme OCA (ossature contreventée en acier).

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE

p. 1 de 2 | ARTICLE N° : 1

Adresse : 32 rue Principale	Code postal :	Nom du bâtiment : —
Nombre d'étages : 4	Surface de plancher totale : 480 m² / Année de construction : 19 26	CNB de conception : —
Utilisation principale (voir liste p. 2) : Habitation		Désignation patrimoine : —
Inspecteur : MJ	Date : 92-03-18	Vérifié par : HR



Croquis

Photo

TYPE DE STRUCTURE (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.2			AR
Bois	(OLB)	Ossature légère en bois	90
	PPB	Poteaux et poutres en bois	
Acier	OAM	Ossature en acier résistant aux moments	90
	OCA	Ossature contreventée en acier	
	OLA	Ossature légère en acier	
	AMB	Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton	
	AMM	Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie	
Béton	OBM	Ossature en béton résistant aux moments	85
	MBC	Murs de béton travaillant en cisaillement	
	BMR	Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie	
	OBP	Ossature en béton préfabriquée	
	MBP	Murs en béton préfabriqués	
Maçonnerie	MAL	Murs porteurs en maçonnerie armée, toits et planchers en platelages de bois ou de métal	90
	MAB	Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton	
	MNA	Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée	

IRRÉGULARITÉS DE BÂTIMENT (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.3	
1. Irrégularité verticale	Changements abrupts dans les dimensions du plan sur la hauteur (par ex., décrochement ou bâtiment dans une pente).
2. Irrégularité horizontale (torsion)	Formes irrégulières de bâtiment comme des L, V, E, T, rigidité excentrique en plan (par ex., mur de cisaillement sur un côté seulement du bâtiment).
3. Colonnes courtes en béton	Colonnes courtes limitées par des murs d'une hauteur d'étage partielle (structuraux ou de remplissage) ou par des tympans profonds.
4. Niveau non rigide	Réduction importante de la rigidité causée par des murs de cisaillement discontinus, des ouvertures, etc.
5. Collision de bâtiments	Séparation entre bâtiments inférieure à 20 Z_v x le nombre d'étages (en mm).
6. Modifications majeures	Tout changement dans la fonction, l'utilisation du bâtiment, ou un ajout qui produit une augmentation importante de charge ou de poids.
7. Détérioration	Des éléments structuraux sont endommagés, l'état du bâtiment est visiblement médiocre (armature ou acier corrodés, bois pourri, béton ou maçonnerie médiocres).
8. Aucune	Aucune des irrégularités énumérées ci-dessus n'est présente.

DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.4

F_1 Risques pour la vie Extérieur : Cheminées en maçonnerie, parapets, (placages) ou panneaux de pierre/béton préfabriqués, verre autre que verre de sécurité, ou auvents au-dessus de sorties et de trottoirs. Intérieur : Éléments lourds; cloisons en maçonnerie; verre autre que verre de sécurité dans les zones d'issue; rayonnages qui peuvent s'effondrer dans des zones d'occupation humaine.

F_2 Risques pour l'exploitation continue de bâtiments spéciaux : Matériel ou canalisations de sécurité requis pour l'exploitation continue d'installations spéciales. Le propriétaire ou l'autorité compétente doit fournir une liste des articles essentiels requis pour une exploitation continue.

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/NRC Ottawa, septembre 1992

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE

p. 2 de 2 | ARTICLE N° : 1

INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE : Encercler la valeur appropriée et entrer le résultat à droite. Marquer d'un astérisque (*) les valeurs incertaines.

A — Sismicité

CNB de conception	Zone sismique effective (Z_v, ou $Z_v + 1$ si $Z_a > Z_v$)				
	2	3	4	5	6
Avant 65	1,0	1,5	2,0	(3,0)	4,0
de 65 à 84	1,0	1,0	1,3	1,5	2,0
Après 85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

A = 3,0

B — État du sol

CNB de conception	Catégorie de sol				
	Roc ou sol dur	Sol dur > 50 m	Sol mou > 15 m	Sol très mou ou liquéfiable	Sol inconnu
Avant 65	1,0	1,3	1,5	(2,0)	1,5
Après 65	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5

B = 2,0

C — Type de Structure

(AR = année de référence, voir p.1)

CNB de conception	Type de construction et sigle (voir p. 1)													
	Bois		Acier				Béton		Préfabr.		Remplissage de maçonnerie	Maçonnerie		
	OLB	PPB	OLA	OAM	OCA	AMB	OBM	MBC	OBP	MBP	AMR, BMR	MAL, MAB	MNA	
Avant 70	(1,2)	2,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5	
de 70 à AR	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	2,0	1,5	3,5	
Après AR	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–	

C = 1,2

D — Irregularités du bâtiment

CNB de conception	1. Vertical	2. Horiz.	3. Colonnes courtes en béton	4. Niveau non rigide	5. Risques de collision	6. Modification	7. Détérioration	8. Aucun
Avant 70	1,3	1,5	1,5	(2,0)	(1,3)	1,3	(1,3)	1,0
Après 70	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,0	1,3	1,0

D = produit des nombres encerclés (max de 4,0) = 3,7

E — Importance du bâtiment

CNB de conception	Petit nombre de personnes N < 10	Nombre de personnes normal N = 10 - 300	École, ou grand n° de personnes N = 301 - 3000	Protection civile, ou n° très élevé de personnes N > 3000	Exigences d'exploration spéciales
Avant 70	0,7	(1,0)	1,5	2,0	3,0
Après 70	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0

E = 1,0

N = Surface occupée x Nombre de personnes x Coefficient de durée* = 360 x 0,05 x 1,0 ... = 18

Utilisation principale	Nombre de personnes par mètre carré	Nombre moyen d'heures d'occupation par semaine
Établissements de réunion	1	5 - 50
Services commerciaux, personnels	0,2	50 - 80
Bureaux, institutions, manufactures	0,1	50 - 60
Résidences	(0,05)	(100)
Entrepôts	0,01 - 0,02	100

* Le coefficient de durée est égal au nombre moyen d'heures d'occupation par semaine, divisé par 100 et ne dépassant pas 1,0.

IS — INDICE STRUCTURAL = A · B · C · D · E = → **IS = 24,5**

F

DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX	Description (voir p. 1)		Aucun	Oui	Oui *
F_1 Risques de chutes d'objets		Avant CNB 70	1,0	3,0	(6,0)
		Après CNB 70	1,0	2,0	3,0
F_2 Risques pour les opérations essentielles		En tout temps	1,0	3,0	6,0

*s'applique seulement si un ou plus des descripteurs suivants sur la page 1 est encerclé : OAM, OBM, niveau non rigide, torsion

F = max (F_1, F_2) = 6,0

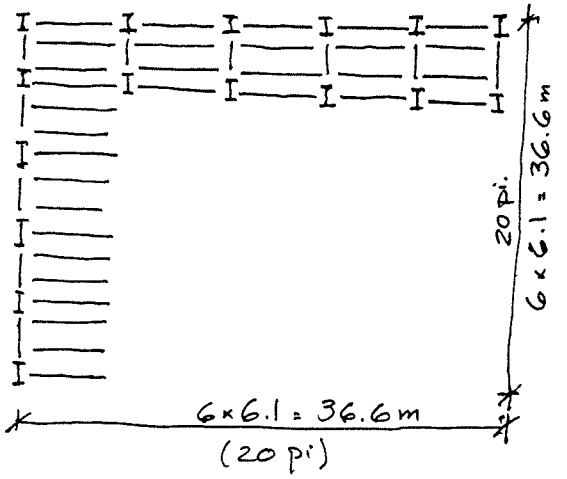
INS — INDICE NON STRUCTURAL = B · E · F = 2,0 x 1,0 x 3,0 → **INS = 12,0**

IPS — INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE = IS + INS = 24,6 + 6,0 → **IPS = 36,5**

Commentaires :

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/CNRC Ottawa, septembre 1992

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE			p. 1 de 2	ARTICLE N° : 2
Adresse : 21 rue Industrielle		Code postal :		Nom du bâtiment : —
Nombre d'étages :	Surface de plancher totale : m²	Année de construction : 1956		CNB de conception : 1953
Utilisation principale (voir liste p. 2) : Fabrication			Désignation patrimoine : —	
Inspecteur : MJ	Date : 92-03-22		Vérifié par : HR	



Croquis

Photo

TYPE DE STRUCTURE (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.2			AR
Bois	OLB	Ossature légère en bois	90
	PPB	Poteaux et poutres en bois	
Acier	OAM	Ossature en acier résistant aux moments	90
	OCA	Ossature contreventée en acier	
	OLA	Ossature légère en acier	
	AMB	Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton	
	AMM	Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie	
Béton	OBM	Ossature en béton résistant aux moments	85
	MBC	Murs de béton travaillant en cisaillement	
	BMR	Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie	
	OBP	Ossature en béton préfabriquée	
	MBP	Murs en béton préfabriqués	
Maçonnerie	MAL	Murs porteurs en maçonnerie armée, toits et planchers en platelages de bois ou de métal	90
	MAB	Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton	
	MNA	Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée	

IRRÉGULARITÉS DE BÂTIMENT (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.3	
1. Irrégularité verticale	Changements abrupts dans les dimensions du plan sur la hauteur (par ex., décrochement ou bâtiment dans une pente).
2. Irrégularité horizontale (torsion)	Formes irrégulières de bâtiment comme des L, V, E, T, rigidité excentrique en plan (par ex., mur de cisaillement sur un côté seulement du bâtiment).
3. Colonnes courtes en béton	Colonnes courtes limitées par des murs d'une hauteur d'étage partielle (structuraux ou de remplissage) ou par des tympans profonds.
4. Niveau non rigide	Réduction importante de la rigidité causée par des murs de cisaillement discontinus, des ouvertures, etc.
5. Collision de bâtiments	Séparation entre bâtiments inférieure à 20 Z_v x le nombre d'étages (en mm).
6. Modifications majeures	Tout changement dans la fonction, l'utilisation du bâtiment, ou un ajout qui produit une augmentation importante de charge ou de poids.
7. Détérioration	Des éléments structuraux sont endommagés, l'état du bâtiment est visiblement médiocre (armature ou acier corrodés, bois pourri, béton ou maçonnerie médiocres).
8. Aucune	Aucune des irrégularités énumérées ci-dessus n'est présente.

DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.4

F_1 Risques pour la vie Extérieur : Cheminées en maçonnerie, parapets, placages ou panneaux de pierre/béton préfabriqués, verre autre que verre de sécurité, ou auvents au-dessus de sorties et de trottoirs. Intérieur : Éléments lourds; cloisons en maçonnerie; verre autre que verre de sécurité dans les zones d'issue; rayonnages qui peuvent s'effondrer dans des zones d'occupation humaine.

F_2 Risques pour l'exploitation continue de bâtiments spéciaux : Matériel ou canalisations de sécurité requis pour l'exploitation continue d'installations spéciales. Le propriétaire ou l'autorité compétente doit fournir une liste des articles essentiels requis pour une exploitation continue.

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/NRC Ottawa, septembre 1992

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE

p. 2 de 2 | ARTICLE N° : 2

INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE : Encercler la valeur appropriée et entrer le résultat à droite. Marquer d'un astérisque (*) les valeurs incertaines.

A — Sismicité

CNB de conception	Zone sismique effective (Z_v, ou $Z_v + 1$ si $Z_a > Z_v$)				
	2	3	4	5	6
Avant 65	1,0	1,5	2,0	(3,0)	4,0
de 65 à 84	1,0	1,0	1,3	1,5	2,0
Après 85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

A = 3,0

B — État du sol

CNB de conception	Catégorie de sol				
	Roc ou sol dur	Sol dur > 50 m	Sol mou > 15 m	Sol très mou ou liquéfiable	Sol inconnu
Avant 65	1,0	(1,3)	1,5	2,0	1,5
Après 65	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5

B = 1,3

C — Type de Structure

(AR = année de référence, voir p.1)

CNB de conception	Type de construction et sigle (voir p. 1)												
	Bois		Acier				Béton		Préfabr.		Remplissage de maçonnerie	Maçonnerie	
	OLB	PPB	OLA	OAM	OCA	AMB	OBM	MBC	OBP	MBP	AMR, BMR	MAL, MAB	MNA
Avant 70	1,2	2,0	1,0	(1,2)	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5
de 70 à AR	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	2,0	1,5	3,5
Après AR	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–

C = 1,2

D — Irregularités du bâtiment

CNB de conception	1. Vertical	2. Horiz.	3. Colonnes courtes en béton	4. Niveau non rigide	5. Risques de collision	6. Modification	7. Détérioration	8. Aucun
Avant 70	1,3	1,5	1,5	2,0	1,3	1,3	1,3	(1,0)
Après 70	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,0	1,3	1,0

D = produit des nombres encerclés (max de 4,0) = 1,0

E — Importance du bâtiment

CNB de conception	Petit nombre de personnes N < 10	Nombre de personnes normal N = 10 - 300	École, ou grand n° de personnes N = 301 - 3000	Protection civile, ou n° très élevé de personnes N > 3000	Exigences d'exploration spéciales
Avant 70	0,7	(1,0)	1,5	2,0	3,0
Après 70	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0

E = 1,0

N = Surface occupée x Nombre de personnes x Coefficient de durée* = 2680. x .0,1. x .0,5. = 134

Utilisation principale	Nombre de personnes par mètre carré	Nombre moyen d'heures d'occupation par semaine
Établissements de réunion	1	5 - 50
Services commerciaux, personnels	0,2	50 - 80
Bureaux, institutions, manufactures	(0,1)	(50 - 60)
Résidences	0,05	100
Entrepôts	0,01 - 0,02	100

* Le coefficient de durée est égal au nombre moyen d'heures d'occupation par semaine, divisé par 100 et ne dépassant pas 1,0.

IS — INDICE STRUCTURAL = A · B · C · D · E = → **IS = 4,7**

F

DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX	Description (voir p. 1)		Aucun	Oui	Oui *
F_1 Risques de chutes d'objets		Avant CNB 70	(1,0)	3,0	6,0
		Après CNB 70	1,0	2,0	3,0
F_2 Risques pour les opérations essentielles		En tout temps	1,0	3,0	6,0

*s'applique seulement si un ou plus des descripteurs suivants sur la page 1 est encerclé : OAM, OBM, niveau non rigide, torsion

F = max (F_1, F_2) = 1,0

INS — INDICE NON STRUCTURAL = B · E · F = 1,3 x 1 x 1 → **INS = 1,3**

IPS — INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE = IS + INS = 4,7 + 1,3 → **IPS = 6,0**

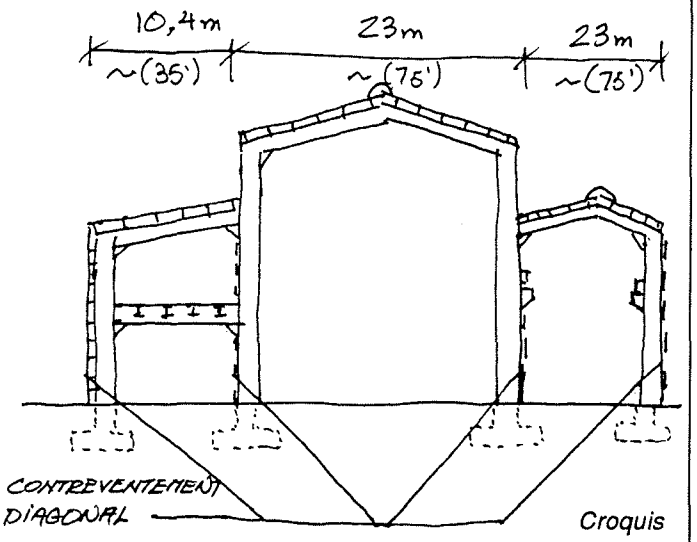
Commentaires :

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/CNRC Ottawa, septembre 1992

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE

p. 1 de 2 | ARTICLE N° : 3

Adresse : 105 chemin du Coteau	Code postal :	Nom du bâtiment : —
Nombre d'étages : 1	Surface de plancher totale 900 m2 / Année de construction : 19 40	CNB de conception : —
Utilisation principale (voir liste p. 2) :		Désignation patrimoine : —
Inspecteur : HJ	Date : 92-03-27	Vérifié par : HR



Croquis

Photo

TYPE DE STRUCTURE (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.2			AR
Bois	OLB	Ossature légère en bois	90
	PPB	Poteaux et poutres en bois	
Acier	OAM	Ossature en acier résistant aux moments	90
	OCA	Ossature contreventée en acier	
	OLA	Ossature légère en acier	
	AMB	Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton	
	AMM	Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie	
Béton	OBM	Ossature en béton résistant aux moments	85
	MBC	Murs de béton travaillant en cisaillement	
	BMR	Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie	
	OBP	Ossature en béton préfabriquée	
	MBP	Murs en béton préfabriqués	
Maçonnerie	MAL	Murs porteurs en maçonnerie armée, toits et planchers en platelages de bois ou de métal	90
	MAB	Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton	
	MNA	Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée	

IRRÉGULARITÉS DE BÂTIMENT (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.3	
1. Irrégularité verticale	Changements abrupts dans les dimensions du plan sur la hauteur (par ex., décrochement ou bâtiment dans une pente).
2. Irrégularité horizontale (torsion)	Formes irrégulières de bâtiment comme des L, V, E, T, rigidité excentrique en plan (par ex., mur de cisaillement sur un côté seulement du bâtiment).
3. Colonnes courtes en béton	Colonnes courtes limitées par des murs d'une hauteur d'étage partielle (structuraux ou de remplissage) ou par des tympans profonds.
4. Niveau non rigide	Réduction importante de la rigidité causée par des murs de cisaillement discontinus, des ouvertures, etc.
5. Collision de bâtiments	Séparation entre bâtiments inférieure à 20 Z_V x le nombre d'étages (en mm).
6. Modifications majeures	Tout changement dans la fonction, l'utilisation du bâtiment, ou un ajout qui produit une augmentation importante de charge ou de poids.
7. Détérioration	Des éléments structuraux sont endommagés, l'état du bâtiment est visiblement médiocre (armature ou acier corrodés, bois pourri, béton ou maçonnerie médiocres).
8. Aucune	Aucune des irrégularités énumérées ci-dessus n'est présente.

DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.4

F_1 Risques pour la vie Extérieur : Cheminées en maçonnerie, parapets, placages ou panneaux de pierre/béton préfabriqués, verre autre que verre de sécurité, ou auvents au-dessus de sorties et de trottoirs. Intérieur : Éléments lourds; cloisons en maçonnerie; verre autre que verre de sécurité dans les zones d'issue; rayonnages qui peuvent s'effondrer dans des zones d'occupation humaine.

F_2 Risques pour l'exploitation continue de bâtiments spéciaux : Matériel ou canalisations de sécurité requis pour l'exploitation continue d'installations spéciales. Le propriétaire ou l'autorité compétente doit fournir une liste des articles essentiels requis pour une exploitation continue.

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/NRC Ottawa, septembre 1992

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE

p. 2 de 2 | ARTICLE N° : 3

INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE : Encercler la valeur appropriée et entrer le résultat à droite. Marquer d'un astérisque (*) les valeurs incertaines.

A — Sismicité

CNB de conception	Zone sismique effective (Z_v ou $Z_v + 1$ si $Z_a > Z_v$)				
	2	3	4	5	6
Avant 65	1,0	1,5	(2,0)	3,0	4,0
de 65 à 84	1,0	1,0	1,3	1,5	2,0
Après 85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

A = 2,0

B — État du sol

CNB de conception	Catégorie de sol				
	Roc ou sol dur	Sol dur > 50 m	Sol mou > 15 m	Sol très mou ou liquéfiable	Sol inconnu
Avant 65	1,0	1,3	(1,5)	2,0	1,5
Après 65	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5

B = 1,5

C — Type de Structure

(AR = année de référence, voir p.1)

CNB de conception	Type de construction et sigle (voir p. 1)													
	Bois		Acier				Béton		Préfabr.		Remplissage de maçonnerie	Maçonnerie		
	OLB	PPB	OLA	OAM	OCA	AMB	OBM	MBC	OBP	MBP	AMR, BMR	MAL, MAB	MNA	
Avant 70	1,2	2,0	1,0	(1,2)	(1,5)	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5	
de 70 à AR	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	2,0	1,5	3,5	
Après AR	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–	

C = 1,5

D — Irregularités du bâtiment

CNB de conception	1. Vertical	2. Horiz.	3. Colonnes courtes en béton	4. Niveau non rigide	5. Risques de collision	6. Modification	7. Détérioration	8. Aucun
Avant 70	(1,3)	(1,5)	1,5	2,0	1,3	1,3	1,3	1,0
Après 70	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,0	1,3	1,0

D = produit des nombres encerclés (max de 4,0) = 1,9

E — Importance du bâtiment

CNB de conception	Petit nombre de personnes N < 10	Nombre de personnes normal N = 10 - 300	École, ou grand n° de personnes N = 301 - 3000	Protection civile, ou n° très élevé de personnes N > 3000	Exigences d'exploration spéciales
Avant 70	0,7	1,0	(1,5)	2,0	3,0
Après 70	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0

E = 1,5

N = Surface occupée x Nombre de personnes x Coefficient de durée* = 900 . . x . . 0,1 . . . . x . 0,5 . . . = 454

Utilisation principale	Nombre de personnes par mètre carré	Nombre moyen d'heures d'occupation par semaine
Établissements de réunion	1	5 - 50
Services commerciaux, personnels	0,2	50 - 80
Bureaux, institutions, manufactures	(0,1)	(50 - 60)
Résidences	0,05	100
Entrepôts	0,01 - 0,02	100

* Le coefficient de durée est égal au nombre moyen d'heures d'occupation par semaine, divisé par 100 et ne dépassant pas 1,0.

IS — INDICE STRUCTURAL = A · B · C · D · E = → **IS = 12,8**

F — DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX

		Description (voir p. 1)		Aucun	Oui	Oui *
F_1	Risques de chutes d'objets		Avant CNB 70	(1,0)	3,0	6,0
			Après CNB 70	1,0	2,0	3,0
F_2	Risques pour les opérations essentielles		En tout temps	1,0	3,0	6,0

*s'applique seulement si un ou plus des descripteurs suivants sur la page 1 est encerclé : OAM, OBM, niveau non rigide, torsion

F = max (F_1, F_2) = 1,0

INS — INDICE NON STRUCTURAL = B · E · F = 1,5 x 1,5 x 1,0 → **INS = 2,3**

IPS — INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE = IS + INS = 12,8 + 2,3 → **IPS = 15,1**

Commentaires :

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/CNRC Ottawa, septembre 1992

ANNEXE C

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE
FORMULAIRE D'INVENTAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE			p. 1 de 2	ARTICLE N° :
Adresse :		Code postal :	Nom du bâtiment :	
Nombre d'étages :	Surface de plancher totale : m²	Année de construction :	CNB de conception :	
Utilisation principale (voir liste p. 2) :			Désignation patrimoine :	
Inspecteur :	Date :		Vérifié par :	

Croquis

Photo

TYPE DE STRUCTURE (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.2			AR
Bois	OLB	Ossature légère en bois	90
	PPB	Poteaux et poutres en bois	
Acier	OAM	Ossature en acier résistant aux moments	90
	OCA	Ossature contreventée en acier	
	OLA	Ossature légère en acier	
	AMB	Ossature en acier avec murs de cisaillement en béton	
	AMM	Ossature en acier avec murs de remplissage en maçonnerie	
Béton	OBM	Ossature en béton résistant aux moments	85
	MBC	Murs de béton travaillant en cisaillement	
	BMR	Ossature en béton avec murs de remplissage en maçonnerie	
	OBP	Ossature en béton préfabriquée	
	MBP	Murs en béton préfabriqués	
Maçonnerie	MAL	Murs porteurs en maçonnerie armée, toits et planchers en platelages de bois ou de métal	90
	MAB	Murs porteurs en maçonnerie armée avec diaphragmes en béton	
	MNA	Bâtiments à murs porteurs en maçonnerie non armée	

IRRÉGULARITÉS DE BÂTIMENT (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.3	
1. Irrégularité verticale	Changements abrupts dans les dimensions du plan sur la hauteur (par ex., décrochement ou bâtiment dans une pente).
2. Irrégularité horizontale (torsion)	Formes irrégulières de bâtiment comme des L, V, E, T, rigidité excentrique en plan (par ex., mur de cisaillement sur un côté seulement du bâtiment).
3. Colonnes courtes en béton	Colonnes courtes limitées par des murs d'une hauteur d'étage partielle (structuraux ou de remplissage) ou par des tympans profonds.
4. Niveau non rigide	Réduction importante de la rigidité causée par des murs de cisaillement discontinus, des ouvertures, etc.
5. Collision de bâtiments	Séparation entre bâtiments inférieure à 20 Z_V x le nombre d'étages (en mm).
6. Modifications majeures	Tout changement dans la fonction, l'utilisation du bâtiment, ou un ajout qui produit une augmentation importante de charge ou de poids.
7. Détérioration	Des éléments structuraux sont endommagés, l'état du bâtiment est visiblement médiocre (armature ou acier corrodés, bois pourri, béton ou maçonnerie médiocres).
8. Aucune	Aucune des irrégularités énumérées ci-dessus n'est présente.

DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX (encercler les descripteurs appropriés) voir 4.3.4

F_1 Risques pour la vie Extérieur : Cheminées en maçonnerie, parapets, placages ou panneaux de pierre/béton préfabriqués, verre autre que verre de sécurité, ou auvents au-dessus de sorties et de trottoirs. Intérieur : Éléments lourds; cloisons en maçonnerie; verre autre que verre de sécurité dans les zones d'issue; rayonnages qui peuvent s'effondrer dans des zones d'occupation humaine.

F_2 Risques pour l'exploitation continue de bâtiments spéciaux : Matériel ou canalisations de sécurité requis pour l'exploitation continue d'installations spéciales. Le propriétaire ou l'autorité compétente doit fournir une liste des articles essentiels requis pour une exploitation continue.

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/NRC Ottawa, septembre 1992

FORMULAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE

ARTICLE N° :

INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE : Encercler la valeur appropriée et entrer le résultat à droite. Marquer d'un astérisque (*) les valeurs incertaines.

A — Sismicité

CNB de conception	Zone sismique effective (Z_v, ou $Z_v + 1$ si $Z_a > Z_v$)					
	2	3	4	5	6	A =
Avant 65	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	
de 65 à 84	1,0	1,0	1,3	1,5	2,0	
Après 85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	

B — État du sol

CNB de conception	Catégorie de sol					
	Roc ou sol dur	Sol dur > 50 m	Sol mou > 15 m	Sol très mou ou liquéfiable	Sol inconnu	B =
Avant 65	1,0	1,3	1,5	2,0	1,5	
Après 65	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	

C — Type de Structure

(AR = année de référence, voir p.1)

CNB de conception	Type de construction et sigle (voir p. 1)												
	Bois		Acier				Béton		Préfabr.		Remplissage de maçonnerie	Maçonnerie		C =
	OLB	PPB	OLA	OAM	OCA	AMB	OBM	MBC	OBP	MBP	AMR, BMR	MAL, MAB	MNA	
Avant 70	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5	
de 70 à AR	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	2,0	1,5	3,5	
Après AR	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–	

D — Irregularités du bâtiment

CNB de conception	1. Vertical	2. Horiz.	3. Colonnes courtes en béton	4. Niveau non rigide	5. Risques de collision	6. Modification	7. Détérioration	8. Aucun	D = produit des nombres encerclés (max de 4,0) =
Avant 70	1,3	1,5	1,5	2,0	1,3	1,3	1,3	1,0	
Après 70	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,0	1,3	1,0	

E — Importance du bâtiment

CNB de conception	Petit nombre de personnes N < 10	Nombre de personnes normal N = 10 - 300	École, ou grand n° de personnes N = 301 - 3000	Protection civile, ou n° très élevé de personnes N > 3000	Exigences d'exploration spéciales	E =
Avant 70	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	
Après 70	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	

N = Surface occupée x Nombre de personnes x Coefficient de durée* = ... x ..... x ..... =

Utilisation principale	Nombre de personnes par mètre carré	Nombre moyen d'heures d'occupation par semaine
Établissements de réunion	1	5 - 50
Services commerciaux, personnels	0,2	50 - 80
Bureaux, institutions, manufactures	0,1	50 - 60
Résidences	0,05	100
Entrepôts	0,01 - 0,02	100

* Le coefficient de durée est égal au nombre moyen d'heures d'occupation par semaine, divisé par 100 et ne dépassant pas 1,0.

IS — INDICE STRUCTURAL = A · B · C · D · E = ⟶ **IS =**

F

DANGERS RELIÉS AUX ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX	Description (voir p. 1)		Aucun	Oui	Oui *	F = max (F_1, F_2) =
F_1 Risques de chutes d'objets		Avant CNB 70	1,0	3,0	6,0	
		Après CNB 70	1,0	2,0	3,0	
F_2 Risques pour les opérations essentielles		En tout temps	1,0	3,0	6,0	

*s'applique seulement si un ou plus des descripteurs suivants sur la page 1 est encerclé : OAM, OBM, niveau non rigide, torsion

INS — INDICE NON STRUCTURAL = B · E · F = ⟶ **INS =**

IPS — INDICE DE PRIORITÉ SISMIQUE = IS + INS = ⟶ **IPS =**

Commentaires :

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/CNRC Ottawa, septembre 1992

FORMULAIRE D'INVENTAIRE DE SÉLECTION SISMIQUE Marquer d'un astérisque (*) les valeurs incertaines						Nº de page
Article nº	Adresse/nom du bâtiment	**IS** Indice structural	**INS** Indice non structural	**IPS** Indice de priorité sismique	Priorité d'évaluation	Commentaires

Tiré de : Manuel de sélection des bâtiments en vue de leur évaluation sismique, IRC/CNRC Ottawa, septembre 1992

Canada