

# Bâtiments de grande hauteur sans poteaux intérieurs, avec ou sans noyau rigide

Autor(en): **Khan, Fuzlur R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **8 (1968)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-8708>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## **III b**

### **Bâtiments de grande hauteur sans poteaux intérieurs, avec ou sans noyau rigide**

FAZLUR R. KHAN

Dr., Associate Partner, Skidmore, Owings & Merrill, Chicago, Illinois

#### **Introduction**

C'est l'utilisation de la fonte puis, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, de l'acier qui a permis de se passer, dans les bâtiments à étages multiples, des murs porteurs en maçonnerie traditionnels. Peu après 1900, la «Chicago School» conféra à la construction métallique une importance accrue en perfectionnant les ossatures en cadres du type sommiers et poteaux, utilisées depuis dans presque tous les bâtiments à étages multiples. Pendant plus de 50 ans, les architectes et les ingénieurs ont apporté diverses améliorations intéressantes touchant les assemblages ou les proportions des cadres rigides; il semble cependant que l'on ait considéré le système des cadres comme le seul possible en matière de bâtiments élevés. Cette technique a atteint sa hauteur limite avec les 102 étages de l'Empire State Building et sa portée limite (26,50 m) avec le Civic Center Building de 30 étages à Chicago.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, c'était la résistance des ossatures aux efforts du vent qui constituait le critère fondamental du calcul. La rigidité latérale des cadres se trouvait considérablement augmentée par la mise en œuvre des cloisons traditionnelles en parpaings ainsi que des parements de façade en pierre ou en maçonnerie. Il était ainsi possible de calculer la plupart de ces bâtiments en se basant uniquement sur leur résistance, sans tenir compte de l'effet des déplacements horizontaux.

Après la seconde guerre mondiale, les nouveaux matériaux de construction ont révolutionné la pensée architecturale en l'orientant vers le développement d'éléments ne participant pas à la résistance de l'ossature, tels que revêtements

extérieurs et cloisons. Les cloisons intérieures en parpaings compacts se trouveront remplacées par de légères cloisons démontables métalliques ou en verre, et aux parements en maçonnerie se substituèrent, dans le cas des constructions en béton, des structures apparentes et, dans les immeubles à charpente métallique, des revêtements métalliques légers. Il en est résulté que la rigidité réelle du bâtiment terminé s'est rapprochée de la valeur théorique calculée pour la rigidité de l'ossature. Ceci a fait de la rigidité latérale de la charpente le facteur sans doute le plus important à prendre en compte dans le calcul d'un bâtiment à étages multiples.

Du point de vue statique, une ossature à étages multiples diffère d'un cadre à un ou deux étages en ce fait que le calcul des principaux éléments de l'ossature exige la prise en considération de la rigidité et de la résistance des pièces qui sont soumises à des efforts horizontaux, alors que dans une construction à un ou deux étages il est rare que les charges horizontales constituent un facteur déterminant. D'un point de vue idéal, pour construire un bâtiment, la meilleure façon est donc d'adopter un système global d'ossature tel que toutes ses pièces ne donnent lieu à prendre en considération que les charges dues à la pesanteur à l'exclusion des efforts horizontaux.

Par exemple, si une ossature étagée à trois travées de portée moyenne est calculée en ne tenant compte que des charges dues à la pesanteur, c'est-à-dire le poids mort et les surcharges, on peut tracer une courbe exprimant la quantité d'acier qui est nécessaire par unité de surface utile moyenne (pied carré) en fonction du nombre d'étages. Si l'on fait intervenir les charges dues au vent dans le calcul de ces charpentes, on peut tracer une nouvelle courbe indiquant la quantité nécessaire d'acier par pied carré de surface utile en fonction du nombre d'étages. En rapportant qualitativement ces deux courbes l'une à l'autre, comme cela est fait à la figure 1, il apparaît immédiatement que l'accroissement du poids d'acier avec la hauteur des bâtiments est suffisamment important pour exercer un effet sur les critères économiques qui régissent les possibilités d'exécution d'un immeuble.

Il n'est donc pas surprenant qu'au cours des dernières années l'on ait développé de nouveaux systèmes d'ossature pour les constructions de grande hauteur, en ayant principalement en vue de réduire la majoration de prix découlant de la hauteur. Des considérations théoriques montrant que, étant donné un certain nombre de poteaux à disposer dans un bâtiment, la seule manière d'assurer un comportement optimum, tant en ce qui concerne la résistance que la rigidité, consiste à solidariser les poteaux extérieurs de façon qu'ils opèrent ensemble à l'instar d'un caisson rigide ou d'un tube formant console par rapport au sol. Il est certain que ce comportement est réalisé, en tout ou partie, dans chacun des nouveaux systèmes qui ont été proposés ces dernières années.

Ces systèmes d'ossature du type tube ou caisson rigide ont pour principe caractéristique d'être constitués par un «tube» extérieur, composé par les poteaux extérieurs, et un noyau central lui-même fait de sommiers et de poteaux

simplement assemblés ou rigides. Les solives enjambent l'espace compris entre les façades et le noyau central contenant les installations de service (par exemple ascenseurs, escaliers, etc.). Un plan type de plancher est représenté à la Figure 2. Du fait que, dans ces systèmes, les solives ne concourent pas à la résistance aux charges latérales s'exerçant sur le bâtiment, elles peuvent à chaque étage avoir une hauteur relativement faible. Pour cette même raison, il est possible de prévoir des portées plus grandes entre les façades et le noyau intérieur.

Bien que le comportement élastique des ossatures métalliques et de celles en béton ne diffère pas fondamentalement si elles sont exécutées selon le même système, nous nous bornerons dans ce rapport à considérer les constructions métalliques. Mais, chaque fois que ce sera nécessaire, et exclusivement pour faire ressortir certains points, nous nous référerons aux ouvrages en béton.

### **Cadre-tube à mailles rectangulaires**

Pour imiter le comportement d'un tube ou caisson rigide, le plus simple est de disposer des poteaux extérieurs très serrés et solidarités à chaque étage par des sommiers périphériques de grande hauteur. Cette façon de procéder présente l'avantage de conserver l'espace voulu pour les fenêtres usuellement de forme rectangulaire que l'on réalise souvent en montant directement les vitres sur les poteaux rapprochés de la charpente. C'est vraisemblablement Skidmore, Owings & Merrill qui, en 1961, furent les premiers à appliquer ce principe général en construisant les immeubles de rapport DeWitt de Chicago, où les poteaux extérieurs disposés sur tout le pourtour du bâtiment présentent une distance entr'axes de 1,68 m et ont été calculés pour résister à la totalité des poussées du vent. Mais il s'agissait là d'un bâtiment en béton. Depuis lors, il y a eu au moins un autre immeuble en béton (500 North Michigan Building de Chicago) construit sur le même principe par la même firme. Plusieurs bâtiments de grande hauteur procédant de ce principe sont actuellement à l'état de projet, le plus important étant l'ensemble constitué par les tours jumelles de 110 étages du World Trade Center de New York.

Le système constitué par les poteaux extérieurs faiblement espacés et les sommiers rigides forme ce qu'on peut appeler un système de cadre-tube à mailles rectangulaires. Alors que la première impression que donne ce système est celle d'une configuration tubulaire, une étude plus poussée montre que le comportement général de tels systèmes ressemble plus à celui d'un cadre rigide qu'à celui d'une véritable console encastree. Sous les efforts horizontaux s'exerçant sur une structure semblable à celle représentée à la Figure 3, il se manifeste deux comportements nettement différents. En premier lieu, l'ensemble de l'ouvrage opère à la façon d'un tube en faisant seulement apparaître des compressions et des tractions dans tous les poteaux extérieurs et en se déformant de

la même façon qu'une véritable console. En second lieu, les deux faces de l'ouvrage qui sont parallèles à la direction du vent se comportent comme des cadres rigides indépendants soumis aux poussées totales du vent et, comme c'est prévisible dans tout ouvrage en cadre, subissent des déplacements transversaux à chaque étage.

L'effet de tube lui-même, qui provoque des efforts longitudinaux dans les poteaux, ne joue pas à 100%. L'élasticité des sommiers du pourtour provoque forcément des déformations de cisaillement qui, à leur tour, causent une augmentation des contraintes réelles dans les poteaux de coin et une diminution des contraintes réelles dans les autres poteaux, comme le montre la Figure 4. En étudiant ce comportement complexe, il apparaît qu'il faut porter à une valeur élevée la rigidité des sommiers (pour réduire les déformations de cisaillement) et orienter les poteaux le long de la face du bâtiment (pour réduire le déplacement transversal à chaque étage). En pratique, le système du tube en treillis aboutit à des déformations latérales nettement plus importantes que celles qui se produiraient dans un tube équivalent idéal plein. En outre, les flexions dans les poteaux des deux faces parallèles à la direction du vent peuvent représenter le paramètre critique du calcul des bâtiments élevés.

Le principal avantage du «cadre-tube» est qu'il s'adapte parfaitement à la disposition classique des fenêtres et que son emploi se justifie, tant du point de vue esthétique qu'économique, dans une large gamme de hauteurs. D'un autre côté, son intérêt économique peut se trouver quelque peu limité pour les raisons suivantes :

1. Plus le nombre des poteaux extérieurs est élevé, plus augmente celui des assemblages. Lorsque la main d'œuvre constitue un élément important du coût total, il s'ensuit que, pour avoir de l'intérêt, ce système doit inclure une forme ou une autre de préfabrication.

2. Plus le nombre des poteaux extérieurs est élevé, dans la construction métallique, plus nombreux doivent être les revêtements et les dispositifs de protection ignifuge dont le coût peut dépasser les économies permises par l'utilisation de ce système. Pour réduire ce coût, il peut donc se révéler nécessaire de fabriquer ces dispositifs en série et de prévoir des revêtements couvrant plusieurs travées.

3. Les déformations de cisaillement représentées à la Figure 4 peuvent entraîner un gauchissement des planchers suffisant pour provoquer la déformation des cloisons et des éléments des fenêtres.

4. Les déformations latérales dues à la flexion des poteaux (effet cadre) peuvent atteindre trois fois celles d'une véritable console, ce qui fait que le paramètre critique du calcul peut procéder de considérations telles que la distorsion des cloisons et la perception des mouvements, d'où une certaine augmentation du coût dans ce cas.

### **Tube en treillis**

Une autre façon d'obtenir l'effet de tube consiste à supprimer les poteaux verticaux pour les remplacer entièrement par des diagonales faiblement espacées disposées selon deux directions conformément à la Figure 5; si les distances entre barres ne sont pas très grandes, le «tube en treillis» est manifestement un excellent système en ce qui concerne l'effet de tube. Les effets des déformations de cisaillement et des déplacements horizontaux des planchers, s'ils existent, sont insignifiants, et l'ensemble du système de façade résiste efficacement au moment de renversement dû aux efforts du vent. Du point de vue architectural, cependant, cette solution exige d'installer de façon plus compliquée les lignes d'alimentation périphériques. Les riches possibilités offertes par ce système ressortent de l'heureuse application qui en a été faite dans la construction de l'immeuble IBM de 13 étages de Pittsburgh.

Bien qu'en théorie ce système se révèle excellent, du point de vue calcul pratique et exécution il pose trois problèmes principaux:

1. Etant très rapprochées, les diagonales ont généralement de faibles dimensions. Ce qui a pour effet de réduire leur efficacité.
2. L'ossature extérieure comporte des attaches beaucoup plus nombreuses qu'une charpente traditionnelle rigide n'en aurait. Il peut en résulter une augmentation des coûts de fabrication et de montage.
3. Les contraintes secondaires dues aux tolérances de fabrication peuvent se révéler inhabituellement élevées, et il est donc nécessaire de prévoir des réglages à exécuter sur le chantier. Pour cette même raison, tout brusque changement de température au cours de la construction est susceptible de faire apparaître des contraintes locales importantes.

### **Tube en treillis constitué par des diagonales et des poteaux**

On peut supprimer certains inconvénients du «cadre-tube» et du «tube en treillis» en recourant à une combinaison optimale de diagonales, de poteaux et de sommiers périphériques pour réaliser un tube ou caisson rigide efficace. Les poteaux extérieurs normalement espacés de 20 à environ 60 pieds (6 à 18 m) peuvent très simplement être solidarités, de façon qu'ils se comportent comme un tube, par des diagonales largement espacées les coupant à environ 45°. Sauf aux points où les diagonales de deux faces adjacentes se rencontrent aux angles du bâtiment, les sommiers périphériques calculés des charges de plancher sont suffisants pour reprendre les efforts intérieurs agissant entre les diagonales et les poteaux.

Toutefois, aux niveaux où les diagonales de faces adjacentes se coupent, aux angles du bâtiment, il est nécessaire de prévoir un fort tirant en vue, premièrement, de limiter l'effort horizontal du plancher à ce niveau et, deuxième-

ment, de conférer une plus grande efficacité aux diagonales dans leur rôle tant de poteaux obliques que d'éléments principaux assurant la redistribution des efforts. Le John Hancock Center de 100 étages représenté à la Figure 6 constitue un exemple idéal du système optimal de tube à treillis qui vient d'être décrit.

L'un des avantages propres à ce système est que les diagonales assurent la redistribution des charges verticales entre les poteaux, de sorte que, en dépit des différentes surfaces intéressées, tous les poteaux peuvent réellement être exécutés dans les mêmes dimensions à tous les étages. Ce qui veut dire, pour ce qui concerne la fabrication, que les poteaux et leurs éléments peuvent être exécutés en série. De plus, les diagonales faisant office de poteaux obliques sont rarement tendues, même sous des charges de vent extrêmes. Il s'ensuit que le raccordement des diagonales peut être absolument semblable à celui des poteaux, ce qui ajoute encore à l'économie de l'exécution.

Le tube à treillis optimal présente des déformations de cisaillement remarquablement faibles sous les efforts du vent, ainsi que le montre l'étude du John Hancock Center de la Figure 7. Il n'en est pas moins vrai que l'efficacité et l'économie générales du système sont affectées par les dimensions relatives des diagonales, des sommiers périphériques et des tirants principaux, et les études qui ont été faites indiquent qu'en augmentant les dimensions des diagonales ou des tirants au-delà d'une certaine limite on n'élève pas pour autant de façon sensible l'efficacité générale. En raison du grand nombre de variables à prendre en compte pour établir une relation optimale entre ces éléments, il apparaît nécessaire de consacrer un important effort de recherche à ce système pour réaliser dans l'avenir d'autres bâtiments de cette sorte.

### Assemblages

Pour une ossature métallique, tout particulièrement de grande hauteur, l'exécution des assemblages joue un rôle important. Alors que l'étude n'est pas essentiellement affectée par les divers types d'assemblage, les coûts de fabrication et de montage s'en ressentent beaucoup. Dans un système d'ossature du type caisson rigide, où ce sont les poteaux extérieurs, les sommiers ou les diagonales qui résistent à la totalité des efforts horizontaux, il est d'une importance pratique extrême de prêter toute l'attention voulue au développement d'attaches simples et efficaces.

Il faut se rappeler que, dans des pays comme les Etats-Unis, le soudage sur le chantier ralentit la construction et accroît son coût. Il convient donc de n'épargner aucun effort en vue d'éviter les soudures de montage. Dans les charpentes du type cadre-tube, la rigidité des attaches est un facteur de première importance pour le bon comportement de l'ensemble, et il est par conséquent difficile d'éviter toutes soudures. Le coût total de la construction se

trouvera néanmoins très sensiblement réduit si l'on réussit à limiter pratiquement l'exécution des soudures à la fabrication en atelier et à utiliser des boulons pour réaliser les assemblages sur le chantier. Cela veut dire que l'ingénieur doit considérer la possibilité de préfabriquer en atelier des panneaux de l'ossature extérieure et d'en réaliser ultérieurement l'assemblage sur le chantier au moyen de boulons HR. Le schéma en est représenté à la Figure 8.

Dans les ouvrages tels que le John Hancock Center, du type treillis à diagonales et poteaux, la rigidité des nœuds aux intersections des éléments principaux n'a plus une aussi grande importance. De plus, le nombre des nœuds principaux est relativement faible par comparaison avec les cadres à mailles rectangulaires. Dans l'immeuble du John Hancock Center, par exemple, les nœuds importants se présentent approximativement tous les 20 étages. Le coût d'un assemblage compliqué est donc relativement faible si on le rapporte à la surface utile totale de l'ensemble du bâtiment. Même alors il faut n'épargner aucun effort pour limiter le soudage à la fabrication en atelier et recourir au boulonnage dans l'exécution des assemblages sur le chantier. C'est ce qui a été fait pour tous les assemblages importants du John Hancock Center. Les nœuds ont été préfabriqués en atelier avec des cordons à pénétration totale. Après contrôle minutieux aux ultra-sons de toutes les soudures, les nœuds ont été placés dans un four pour subir un recuit de détente. C'est par boulonnage qu'ont ensuite été assemblées sur le chantier les diagonales principales arrivant aux nœuds. Le schéma correspondant est représenté à la Figure 9.

Dans un joint à gousset tel que celui représenté à la Figure 9, il est important de donner des proportions convenables aux poteaux, diagonales et tirants, de façon que leur assemblage ne présente pas de difficultés aux nœuds. Si les poteaux, diagonales et tirants sont de forme tubulaire, les joints peuvent devenir extrêmement encombrants et ainsi entraîner une augmentation considérable du coût total de la construction. La solution adoptée à propos du John Hancock Center a été de choisir une section en H pour tous les poteaux extérieurs, les diagonales et les entretoises, de sorte que, comme le montre la Figure 10, les membrures de tous les éléments principaux se coupaient dans un même plan.

### **Effets des variations de température**

Avec les ouvrages de grande hauteur dont la charpente comporte un noyau central, il convient de prendre en considération la différence de température relative entre les poteaux extérieurs et ceux du noyau intérieur quand on étudie l'exécution des revêtements des poteaux et des façades comportant des fenêtres. Bien que l'ensemble des poteaux extérieurs n'ait pas à être inclus dans un mur rideau, il est nécessaire de limiter l'exposition des poteaux extérieurs de telle manière que les mouvements différentiels maxima entre la façade et le noyau intérieur n'excèdent pas une valeur admissible donnée. En ce qui concerne les



éléments des cloisons, des portes etc., l'expérience qu'a l'auteur de cette question le conduit à considérer qu'un mouvement différentiel de 18 à 20 mm doit être tenu comme représentant une limite maxima réaliste. Pour ne pas dépasser cette limite, il peut se révéler indispensable d'isoler la charpente du mur extérieur. Si l'on prévoit un système de chauffage artificiel pour ces poteaux, ils peuvent être exposés davantage. Néanmoins, il ressort de l'expérience de l'auteur que le chauffage artificiel des poteaux extérieurs frise l'art du « gadget » et peut donner des résultats très variables. Il convient donc, dans la mesure du possible, d'éviter les systèmes de contrôle thermique nécessitant un chauffage ou un refroidissement mécaniques

### Calculs et compréhension des systèmes

Le développement de la technologie des calculateurs au cours de ces dernières années ouvre à l'ingénieur civil des possibilités quasiment illimitées pour le calcul de n'importe quel ouvrage, quelque compliqué qu'il semble être. Les programmes généralisés de calcul tels que le *Stress* et le *Fran* ont déjà fait du calcul des ossatures une opération de routine. On ne considère plus les méthodes de calcul simplifiées comme appropriées à l'étude définitive d'un ouvrage. Alors qu'autrefois les ingénieurs attachaient leur orgueil au calcul d'ossatures complexes, l'élaboration de ces programmes et la facilité avec laquelle on peut disposer d'un calculateur ont évidemment transformé le rôle des ingénieurs civils qui, maintenant, ressortit plus à la bonne intelligence et à la création des systèmes qu'à leur calcul proprement dit. Les recherches consacrées à ces divers systèmes ne doivent donc plus être orientées sur le calcul en tant que tel mais, bien plutôt, viser à définir des paramètres permettant une meilleure compréhension de ces systèmes. Le rôle joué par les diverses variables a besoin d'être bien compris pour mieux asseoir les jugements d'ordre technique qu'on est appelé à rendre en proposant l'un ou l'autre de ces systèmes pour réaliser n'importe quelle construction. A propos de chacune des structures du type tube ou caisson rigide qui ont été évoquées plus haut, les recherches spécifiques les plus urgentes se rapportent aux objets suivants :

#### Recherches concernant les cadres-tubes à mailles rectangulaires

1. Etablissement de relations entre les propriétés des sommiers périphériques et des poteaux qui puissent servir à l'élaboration de projets préliminaires utiles.
2. Définition de paramètres sans dimension, propres à fournir des renseignements sur des déformations de cisaillement dans le système extérieur soumis aux pressions du vent.

3. Définition de paramètres sans dimension, donnant une meilleure compréhension de la redistribution des charges verticales entre tous les poteaux de n'importe quelle face du bâtiment.

4. Développement de divers éléments pour la fabrication et le montage en les rapportant aux coûts de fabrication et de montage. Il serait intéressant de voir quel est l'effet que, dans les différents pays, les techniques de fabrication exercent sur les conditions économiques de la construction.

### **Recherches concernant les tubes en treillis**

1. Pour les tubes en treillis, les appuis à la base du bâtiment présentent presque nécessairement des discontinuités particulières; le besoin se fait donc sentir de recherches tendant à définir des paramètres simples qui permettront de déterminer le flux des efforts dus à la pesanteur aussi bien qu'au vent passant par ces points d'appui.

2. Etudes économiques relatives à l'emploi de divers types d'attaches et de différentes exécutions des dalles de plancher.

3. Effets des variations de température et des tolérances de montage du mur extérieur sur les contraintes internes des pièces diagonales.

### **Recherches sur le type optimal de tube en treillis (à diagonales et poteaux)**

1. Définition de paramètres sans dimension liant les propriétés des poteaux, des diagonales, des sommiers périphériques et des tirants principaux de façon à déterminer le mode de redistribution des charges verticales.

2. Définition de paramètres sans dimensions exprimant la relation entre les caractéristiques des pièces et l'effet de tube effectif de l'ensemble du système.

3. Etablissement d'abaques simples permettant de déterminer la redistribution des charges dans les poteaux due aux tassements de l'un quelconque des poteaux.

### **Comptes rendus sur des réalisations d'ouvrages**

En raison de l'activité accrue que connaît le secteur de la construction des bâtiments, il est vraisemblable que l'on construit actuellement, ou que l'on a construit, un grand nombre d'immeubles répondant à l'un de ces systèmes. Il serait très souhaitable que fussent préparés pour le Congrès des rapports donnant la description des éléments, intéressant le stade de la fabrication ou du montage, qui ont contribué à l'heureuse réalisation de ces projets. Il serait utile de présenter, un compte rendu succinct de l'étude complète et des méthodes de calcul relatives à chacun de ces projets.

### **Interactions entre noyau et tube extérieur**

Bien que les systèmes en caisson rigide ne nécessitent généralement pas de raidissement latéral supplémentaire de la part du noyau intérieur, il peut parfois se révéler utile de rendre ce noyau lui aussi rigide, de façon à réduire à un niveau admissible les distorsions subies par les planchers sous l'effet des charges horizontales. Il sera intéressant pour les participants de se voir communiquer une étude des interactions de cette sorte, plus particulièrement eu égard aux distorsions des cloisons.

### **Conclusion**

En vue de faire le point des systèmes à caisson rigide, on présente une revue générale des réalisations de ces dernières années complétée par des exemples illustrant chacun de ces systèmes. On étudie également les avantages et inconvénients de chacun d'eux.

Du fait des programmes généraux dont on dispose maintenant pour utiliser les calculateurs, l'auteur signale l'importance désormais réduite que revêtent les recherches portant sur les méthodes de calcul. Il n'en reste pas moins que, pour faciliter l'exécution des études préliminaires, il est nécessaire de poursuivre les recherches de nature à promouvoir une meilleure compréhension du comportement général de chacun des systèmes.

Il est fait état, dans le présent rapport, d'une liste de sujets d'étude propres à chacun des systèmes du type caisson rigide. On espère que des communications portant sur ces sujets seront soumises en vue de leur présentation au 8<sup>e</sup> Congrès de New York.