

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Manuel de coordination modulaire : un guide pour l'application de la coordination modulaire dans le bâtiment Kent, S. R.

For the publisher's version, please access the DOI link below. / Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001937>

Document technique (Conseil national de recherches du Canada. Division des recherches en construction); n° DBR-DT-123, 1963-04-01

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=90cf3f3c-c58b-49ad-8c7b-6824b5f6a90f>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=90cf3f3c-c58b-49ad-8c7b-6824b5f6a90f>

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.

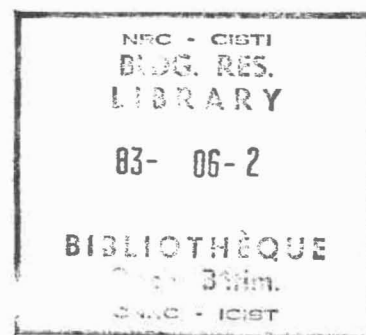


MANUEL DE COORDINATION MODULAIRE

UN GUIDE POUR L'APPLICATION DE LA COORDINATION
MODULAIRE DANS LE BÂTIMENT

par S.-R. KENT

ANALYZED



Document technique No 123 de la
DIVISION DES RECHERCHES EN CONSTRUCTION, CONSEIL NATIONAL
DE RECHERCHES, OTTAWA, CANADA

\$1.00

AVRIL 1963

NRC No 6344F

3829419

*"Le but de la soi-disant coordination modulaire . . .
est de créer une base solide pour normaliser les éléments
et en restreindre les types, dans la construction
et l'aménagement de bâtiments et pour obtenir,
par le truchement de l'interchangeabilité, une combinaison d'une
production rationnelle d'éléments ainsi qu'un maximum
de liberté d'action du point de vue de l'architecte."*

J. van Ettinger

traduction d'un extrait de
"Towards a Habitable World,"
Elsevier Publishing Company,
New York, 1960 — un manuel
recommandé par la division
des Recherches en construction/CNR

PRÉFACE

Le présent manuel a été préparé en vue de venir en aide à ceux qui, tout en reconnaissant la valeur théorique de la coordination modulaire comme un développement logique dans la conception de bâtiments, désirent voir comment elle peut être appliquée réellement en pratique. Afin que le manuel soit complet en lui-même, il contient quelques explications sur les principes modulaires sous forme d'introduction à leur application sur la planche à dessin. Il se trouve des explications plus complètes dans des publications telles que les rapports de "Projet 174, "La coordination modulaire dans le bâtiment", de l'agence européenne de productivité (European Productivity Agency) publiés en 1956 et 1961 (disponibles auprès de l'organisation européenne de coopération économique (European Economic Co-operation) ou par l'entremise de libraires qui distribuent des publications des Nations-Unies) et dans "La coordination modulaire dans le bâtiment", un manuel qui fut publié par John Wiley and Sons Ltd., New York.

La division des Recherches en construction du Conseil National des Recherches (CNR) croit que l'emploi étendu de la coordination modulaire en construction pourrait bien être l'avance la plus importante vers une plus grande économie en bâtiment partout au Canada. Sa valeur en puissance dans ce sens, augmentera elle-même avec chaque avance dans son emploi tant du point de vue domestique qu'international. L'intérêt des Etats-Unis dans le sujet se reflète par l'activité de l'Association des normes de construction modulaire (Modular Building Standards Association) de Washington, et le manuel mentionné ci-dessus. En Europe, un intérêt correspondant se concentre autour du projet de l'agence européenne de productivité, de la Société modulaire (Modular Society) en Angleterre et du groupe modulaire international (International Modular Group), nouvellement formés.

Le présent manuel a été rédigé par le professeur Stanley R. Kent de l'Ecole d'architecture de l'Université de Toronto, pour le compte de la division des Recherches en construction/CNR et avec l'aide de certains membres du personnel de la division. Nous sommes tout à fait reconnaissants des études faites par l'équipe de travail du projet de l'agence européenne de productivité et par les membres de la Société modulaire, lesquelles se reflètent dans une grande partie du présent manuel, et également aux architectes dont les travaux sont employés à titre d'exemples. La division recevra avec plaisir les commentaires sur cette première édition étant donné qu'elle espère poursuivre l'amélioration de la valeur et de l'utilité du manuel dans la mesure de son emploi dans les bureaux intéressés dans tout le Canada.

Robert-F. Legget, *Directeur*

Ottawa

Août 1961

TABLE DES MATIÈRES

5	Nouvelle unité de mesure
7	Le procédé de construction
8	Etablissement du module
9	Emploi du module
10	Éléments constitutants aux dimensions modulaires
12	Facès de joints des éléments constitutants
13	Gamme des dimensions modulaires des éléments constitutants
14	Éléments constitutants modulaires dans l'espace modulaire
18	Conception en se servant d'éléments constitutants modulaires
20	Epures modulaires
21	Montage précis en chantier
22	Flexibilité dans l'emploi du quadrillage de référence
24	Rapport entre le plancher et le quadrillage de référence
25	Papiers à dessin modulaire
26	Exemples dans le choix de quadrillage modulaire de projet et rapport des éléments constitutants entre eux
26	1. Charpente métallique et panneaux muraux préfabriqués
28	2. Charpente métallique et maçonnerie
32	3. Charpente de bois
34	4. Charpente de bois et maçonnerie (brique plaquée sur bois)
36	Lecture suggérée
37	Annexe A: Définitions (réimprimé de la Norme A31-1959 de la Canadian Standards Association: "Code for Modular Coordination in Building")

La coordination modulaire est l'expression employée pour signifier le nouveau procédé pour la simplification de l'assemblage des éléments constitutants en construction. Elle est le premier effort en vue de résoudre les difficultés fondamentales d'assemblage en construction qui découlent des dimensions sans rapport des éléments constitutants. Il y eut antérieurement des tentatives de coordination des dimensions qui ont employé comme unité de mesure les dimensions des éléments constitutants existants dont l'emploi est souvent répété dans un bâtiment, telles que celles d'une brique de maçonnerie. Le système de coordination modulaire introduit une nouvelle unité de mesure appelée le module — une unité de 4 pouces de longueur qui est longue comme ceci:

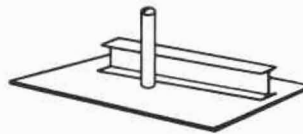


Il n'est pas inusité qu'une industrie s'invente une nouvelle unité de mesure. Il y a plusieurs années, les intéressés à la subdivision du terrain ont trouvé que le pouce et le pied étaient trop petits pour être commodes ou exacts et ils se sont inventés des unités plus grandes appelées la perche, la chaîne et le mille, comme multiples des unités plus petites. De même, dans l'industrie du bâtiment, le pouce et ses fractions s'avèrent trop petits pour être employés couramment et il faut avoir recours à une nouvelle unité pour coordonner les dimensions de plusieurs éléments de construction, avec simplicité et exactitude. Pour donner plus d'emphasis à l'idée d'une nouvelle mesure, les défenseurs du système de coordination modulaire aux Etats-Unis l'ont appelée la "mesure modulaire" depuis 1954. Aucun changement semblable dans une unité de mesure pour l'industrie de la construction n'a été fait depuis que le pouce ou le pied furent établis en longueurs uniformes par entente internationale en 1875.

Traditionnellement, les éléments constitutants de bâtiment ont été faits en chantier avec des matériaux locaux, dressés à la main pour s'ajuster à leur position requise dans la charpente. Les matériaux employés étaient ceux qui pouvaient être travaillés avec des outils manuels pour donner une certaine dimension ou une certaine forme et ils étaient mis en place dans la construction par l'ouvrier ou au moyen de machineries rudimentaires. L'adresse et l'ingéniosité du constructeur lui ont permis d'ajuster et de fixer en position les éléments constitutants pour former des murs, des planchers et des toits; dans les espaces ainsi créés, le mobilier et l'outillage mécanique furent installés. Cette tendance s'est poursuivie jusqu'au temps de la révolution industrielle alors que des machines furent inventées pour réduire une grande partie du travail manuel en construction. Les méthodes de transport améliorées ont permis d'apporter à l'emplacement de la construction une variété de matériaux et d'éléments constitutants fabriqués à l'usine. L'artisan responsable de la construction d'un bâtiment a vu l'entrepreneur, le fabricant et le fournisseur de matériaux de construction s'associer à lui, alors que l'architecte, autrefois le maître constructeur, concentrait ses efforts sur les plans, les calculs et la coordination du procédé de construction.

Les machines ont apporté 3 contributions au procédé de construction: leur opération à répétition rapide a remplacé le façonnage manuel des éléments constitutants; accompagnées de l'avancement en technologie, il a été possible avec les machines de produire plusieurs nouveaux éléments constitutants en verre, en métal, en plastique, en bois et en béton; et elles peuvent facilement manutentionner des éléments constitutants de grandes dimensions en chantier. Ces 3 contributions cependant, ont rendu plus difficile le stade final dans le procédé de construction — l'addition d'un élément constituant à un autre en chantier. Sans le façonnage manuel, il n'est pas facile de prévoir la compensation en cas de dilatation ni de rectifier les erreurs de montage; les nouveaux éléments constitutants ne peuvent pas être modifiés en chantier au moyen d'outils manuels pour les ajuster à leur place; et les éléments plus gros exigent d'être d'une exactitude inusitée dans leurs dimensions et pour la mise en place en chantier.

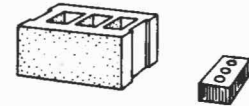
PROFILÉS ET SECTIONS



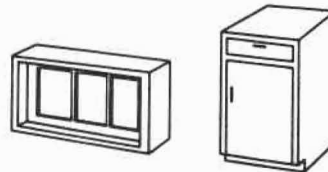
MATÉRIAUX À DEMI FINIS:
CORNIÈRE, BARRE, POUTRE EN I, PROFILÉ À
SEMELLES LARGES, MOULURE, TUBULURE,
LINOLÉUM, CONTREPLAQUÉ, VERRE, PANNEAU
MURAL, TÔLE D'ACIER.

ÉLÉMENTS

MATÉRIAU FABRIQUÉ À SA FORME FINIE:
BRIQUE, BLOC D'ARGILE, CARREAU VITRIFIÉ, BLOC,
SEUIL, REBORD, BLOC DE PLANCHER, CARRELAGE DE
PLANCHER, BARDEAU, CARRELAGE MURAL, SOLIVE DE
BÉTON (PLANCHER), PANNEAU DE PLANCHER, PANNEAU
MURAL, TUYAU DE DRAINAGE.



ASSEMBLAGES



COMBINAISON DE PROFILÉS ET D'ÉLÉMENTS:
CADRE DE PORTE, CADRE DE FENÊTRE,
CLOISON, ESCALIER, ARMOIRE DE CHAUFFAGE,
ARMOIRE DE CUISINE, CABINE DE BAIN-DOUCHE,
LESSIVEUSE, APPAREIL D'ÉCLAIRAGE, BOÎTE
À FUSIBLES, CUISINIÈRE, BAIGNOIRE, OUTILLAGE
DE BUREAU.

Figure 1. Classement des éléments constitutants de bâtiment suivant la proportion d'usage nécessaire avant leur destination finale.

Durant le développement de la mécanisation, plusieurs procédés pour la mise en plan et la construction furent établis, lesquels dans une certaine mesure, ont amélioré l'efficacité de la construction mais aucune procédure ne prévoit encore l'emploi exclusif des éléments constitutants faits mécaniquement.

*Le
procédé de
construction*

Certains procédés exigent une planification soignée de l'assemblage des éléments constitutants alors que d'autres exigent très peu de planification d'avance sinon aucune. Lorsqu'il n'y a pas de planification d'avance, le procédé traditionnel qui consiste à tailler et ajuster un élément prend des pièces constitutantes importantes fabriquées mécaniquement telles que fenêtres et portes, lesquelles ne peuvent pas être re-façonnées facilement en chantier, et y ajoute d'autres, tel qu'un parement de brique ou de bois qui peut être taillé. Cette méthode est commune en construction légère où la variété des éléments constitutants est petite et où les matériaux coupés et jetés aux rebuts sont relativement peu coûteux.

Dans les plans d'assemblage, les dessins sont dressés pour tout le bâtiment en plan, élévation et coupe, suivis de dessins détaillés des parties, suivant l'information cataloguée des fabricants sur les dimensions et les formes. Malgré la grande variété des dimensions offertes par les fabricants, il n'est pas possible de trouver plusieurs éléments constitutants qui peuvent être intégrés facilement étant donné qu'il n'y a pas de patron dimensionnel général reliant les dimensions dans un catalogue aux dimensions dans un autre catalogue. Ainsi le projeteur choisit les éléments constitutants qui dominent dans le modèle, peut-être ceux qui reviennent le plus souvent tels que les éléments de maçonnerie ou ceux qui sont les plus coûteux à obtenir dans des dimensions spéciales telles que le verre double isolant et il établit les dimensions pour les autres éléments constitutants sur ses dessins afin qu'ils puissent être fabriqués pour s'agencer à ceux-ci au besoin.

Dans la première méthode, du temps et des matériaux sont gaspillés dans le taillage et l'ajustage en chantier où il est facile de se rendre compte du gaspillage; dans la seconde méthode, le temps est gaspillé dans les bureaux de dessinateurs dans les travaux sur papier, et à l'usine, pour effectuer les changements dans la machinerie permettant de réaliser les dimensions détaillées spécifiquement des éléments constitutants. Les deux procédés de construction sont handicapés non seulement par les dimensions non coordonnées des éléments constitutants mais aussi par l'absence d'une *méthode* pour l'installation exacte des éléments constitutants.

La mécanisation a apporté plusieurs améliorations à l'industrie de la construction mais elle a aussi créé de nouveaux problèmes. Ces problèmes ne peuvent être résolus que par le changement de la petite unité de mesure, le pouce (avec ses fractions ordinaires) pour une unité plus grande qui réduira la multitude des dimensions et des positions d'installation des éléments constitutants, c'est-à-dire, par l'introduction du MODULE.

Etablissement du module

En choisissant une dimension pour coordonner les grandeurs de tous les éléments constitutants qui peuvent être employés dans chaque type de bâtiment, il fallait déterminer les dimensions communes à la majorité des éléments constitutants existants. En raison du grand nombre de dimensions cependant, il ne fut pas facile de trouver un commun dénominateur. Une telle dimension doit être assez petite pour permettre une variation suffisante dans les dimensions générales; si le pied était choisi, les portes mesureraient 2 pieds, 3 pieds ou 4 pieds de largeur et les murs 1 pied ou 2 pieds d'épaisseur. Ces multiples excessivement grands de la dimension coordonnatrice occasionneraient beaucoup de pertes de matériaux et rendraient la planification économique impossible. D'un autre côté, si la dimension est trop petite telle que le pouce, il y aurait alors la possibilité d'une aussi grande variété de dimensions et de positions de montage qu'il en existe maintenant.

D'après les résultats d'études dans différentes parties du monde, le module de 4 pouces, ou de 10 centimètres dans le système métrique, a été trouvé le plus satisfaisant et a été accepté dans les institutions de Normes au Canada, aux Etats-Unis, aux Nations-Unies, en Norvège, en Suède, au Danemark, en URSS, en Pologne, en Belgique, en Autriche, en France, aux Pays Bas et en Angleterre. Le module de 10-centimètres est 1/16 de pouce plus petit que 4 pouces et seuls les éléments constitutants en petits multiples du module peuvent être employés dans les 2 systèmes. Le commerce international est plutôt restreint actuellement pour les éléments constitutants de construction sur une grande échelle entre les pays du pied-pouce et ceux du système métrique; lorsqu'il existe un commerce, les éléments constitutants sont fabriqués suivant chaque module. En Angleterre le module de 10 centimètres est employé pour les éléments constitutants intérieurs seulement; les murs extérieurs sont calculés suivant un module de 12.5 cm. Les 2 systèmes sont reliés d'une façon satisfaisante par un système de nombres préférés. Depuis sa conception en 1936 par Albert Farwell Bemis de Boston, E.U.A., un grand développement pratique de l'emploi du module de 4 pouces (10-cm.) a été entrepris particulièrement par les pays qui participent au projet de l'agence européenne de productivité sur la coordination modulaire dans le bâtiment.

Le mot module vient du latin, *modulus*, signifiant mesure. Etant donné que l'expression module ne dénote pas réellement une dimension en termes d'une unité commune de mesure, son emploi lorsqu'il est appliqué à la coordination en bâtiment, a provoqué beaucoup de confusion (une meilleure expression aurait pu être

un "Bemis", se référant spécifiquement à l'unité de 4 pouces). Les fabricants peuvent annoncer et annoncent réellement des pupitres, des armoires et d'autres mobiliers "modulaires", qui par eux-mêmes s'ajustent les uns aux autres par le truchement de certaines mesures inhérentes comme les blocs d'enfants ou les pièces d'un jeu de domino, mais les produits ne sont aucunement raccordés par leurs dimensions aux autres éléments constituant d'un bâtiment. Si un "module" doit être le dénominateur pour les dimensions de *tous* les éléments constituant d'un bâtiment, il doit être d'une grandeur convenue telle que 4 pouces. Dans le Code de l'Association canadienne de normalisation (Canadian Standards Association) sur la coordination modulaire en construction (voir Annexe A), le module de 4 pouces a été appelé le module "Normal" pour le différencier des autres modules.

En général, la dimension modulaire d'un élément constituant est un multiple de 4 pouces. Ceci n'élimine pas la possibilité de dimensions autres que des multiples simples parce que les méthodes de fabrication et d'assemblage ou de fabrication sur commande peuvent exiger qu'un élément constituant ait une dimension inférieure au module. Il pourrait être la moitié d'un module ou un tiers de 2 modules. L'exemple le plus commun de ces dimensions inférieures au module est offert par les dimensions de la brique d'argile modulaire. En raison des problèmes de fabrication pour la cuisson de grands volumes d'argile à des dimensions uniformes dans le four, la hauteur de la brique est maintenue à moins de 1 module afin que 2 briques avec leurs joints soient égales à 4 pouces ou encore 3 briques avec leurs joints soient égales à 8 pouces. Chaque dimension de brique pourrait alors être conçue comme une fraction d'une dimension modulaire.

L'industrie mécanisée de la construction est à court de méthodes ou de systèmes uniformes pour (1) la coordination des dimensions des éléments constituant, (2) la réduction de la variété de dimensions que la machine doit produire, et (3) l'installation plus précise des éléments constituant. L'unité de mesure plus grande, le module de 4 pouces, prévoit *un système pour toutes les fins*. Elle détermine des intervalles raisonnables de 4 pouces dans lesquels les éléments constituant de dimension modulaire peuvent être coordonnés. Elle élimine en somme les dimensions entre les intervalles de 4 pouces pour simplifier l'opération de la machinerie, et partant, la gamme des dimensions est petite. Elle prévoit également un réseau modulaire avec points de référence à des intervalles de 4 pouces auxquels les éléments constituant peuvent être mis en place avec précision et vérifiés à leur position exacte.

*Emploi du
module*

*Éléments
constituants
aux dimensions
modulaires*

En déterminant les dimensions des éléments constitutants par l'emploi du module, les dimensions nominales en multiples de 4 pouces sont établies, donnant ainsi les *dimensions modulaires* des éléments constitutants. Depuis le début, un procédé uniforme a été établi à l'intention des fabricants, afin que les différents éléments constitutants, lorsqu'ils sont ajoutés les uns aux autres dans une construction, donnent des dimensions totales modulaires. Le procédé reconnaît deux faits: (1) tous les éléments constitutants doivent être assemblés (ou séparés) par un joint; (2) les éléments constitutants peuvent varier des dimensions projetées par les fabricants pour être légèrement plus ou moins grands par suite de changements physiques incontrôlables ou inattendus dans le matériau pendant la fabrication, soit une dilatation ou contraction en raison de la température ou de l'humidité, ou l'absence de précision dans la machinerie de fabrication. Tenir compte de ces 2 faits en établissant les dimensions utilisables d'un élément constituant est une idée nouvelle.

Dans les Normes de l'Association canadienne de normalisation (CSA), de la Commission canadienne des devis du gouvernement (CGSB) et des associations de métiers, les fabricants et les constructeurs ont déjà convenu d'*écarts* raisonnables des dimensions projetées ou de fabrication, lesquelles sont tout à fait dans l'ordre en ce qui concerne la bonne pratique de construction et la qualité de fabrication. Par suite de l'expérience en chantier, les fabricants et les constructeurs connaissent la dimension désirable et les dimensions maximales et minimales acceptables des joints requis par les divers éléments constitutants afin d'assurer une bonne construction.

Le procédé de l'établissement des dimensions modulaires stipule tout simplement que la somme de chaque élément et de son joint ne devrait *jamais être plus grande* qu'un multiple de 4 pouces. Ceci s'applique même lorsque l'élément constituant varie à sa limite maximale trop grande de fabrication et que le joint soit à sa dimension minimale acceptable. De même, la somme de chaque élément constituant et de son joint ne doit *jamais être inférieure* à un multiple de 4 pouces lorsque l'élément constituant varie de sa limite minimale trop petite de fabrication et que le joint soit à sa dimension maximale acceptable.

**DIMENSION
MODULAIRE**

LA DIMENSION D'APRÈS
L'ÉCHELLE MODULAIRE

**DIMENSION
DE FABRICATION**

LA DIMENSION CALCULÉE D'UN
ÉLÉMENT CONSTITUANT TEL
QU'IL EST INDIQUÉ DANS LE
CATALOGUE DU FABRICANT

JOINT

L'ESPACEMENT CALCULÉ ENTRE
LES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS

**LIMITE MAXIMALE
DE LA DIMENSION
DIMENSION MINIMALE
DU JOINT**

LA DIMENSION MAXIMALE DE
L'ÉLÉMENT CONSTITUANT
TOLÉRÉE PARCE QUE LE JOINT
A ÉTÉ RÉDUIT EN CONSÉQUENCE
À SA DIMENSION MINIMALE
UTILE

**LIMITE MINIMALE
DE LA DIMENSION
DIMENSION MAXIMALE
DU JOINT**

LA PLUS PETITE DIMENSION À
LAQUELLE LA DIMENSION DE
FABRICATION PEUT DÉVIER,
ÉTANT DONNÉ QUE LE JOINT A
DÉVIÉ EN CONSÉQUENCE DE SA
DIMENSION CALCULÉE PAR
RAPPORT À SA DIMENSION
MAXIMALE UTILE

ÉCART PERMISSIBLE

CHANGEMENT TOTAL DANS LA
DIMENSION DE FABRICATION
QUI PEUT ÊTRE TOLÉRÉ

DÉVIATION

LA MESURE DU CHANGEMENT DE
LA DIMENSION DE FABRICATION
AUX DIMENSIONS-LIMITES

DIMENSION EFFECTIVE

LA DIMENSION DE L'ÉLÉMENT
CONSTITUANT TEL QU'IL EST
LIVRÉ EN CHANTIER

JEU MODULAIRE

LA DISTANCE ENTRE DES
ÉLÉMENTS CONSTITUANTS
ADJACENTS

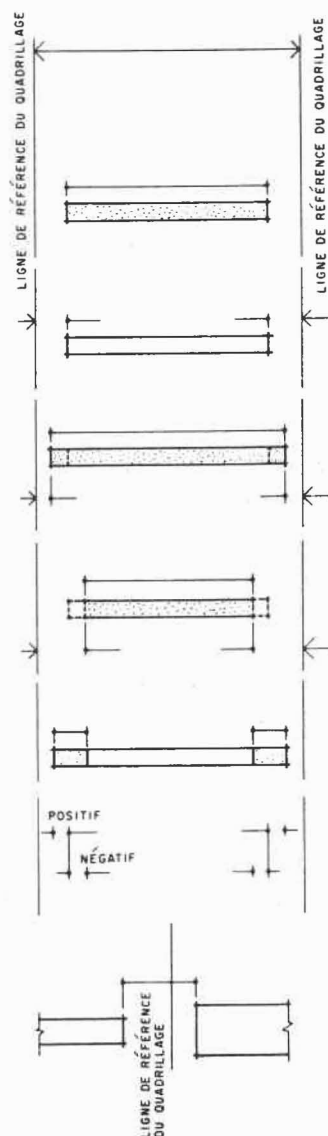


Figure 2. Définition des termes employés dans l'établissement des dimensions des éléments constitutants.

*Faces de joint
des éléments
constituants*

Il n'est pas suffisant qu'un élément constituant soit tout simplement aux dimensions modulaires pour assurer une coordination avec un autre élément constituant; le problème du joint doit être pris en compte. Leurs faces de joint ne doivent pas être conçues pour un seul genre d'installation mais peuvent exiger d'être modifiées pour permettre un rapport satisfaisant avec les éléments adjacents. A mesure que les surfaces de joints sont conçues en tenant compte de l'interchangeabilité et en établissant de bons joints, les détails de joint peuvent être standardisés éliminant ainsi la répétition d'efforts de conception.

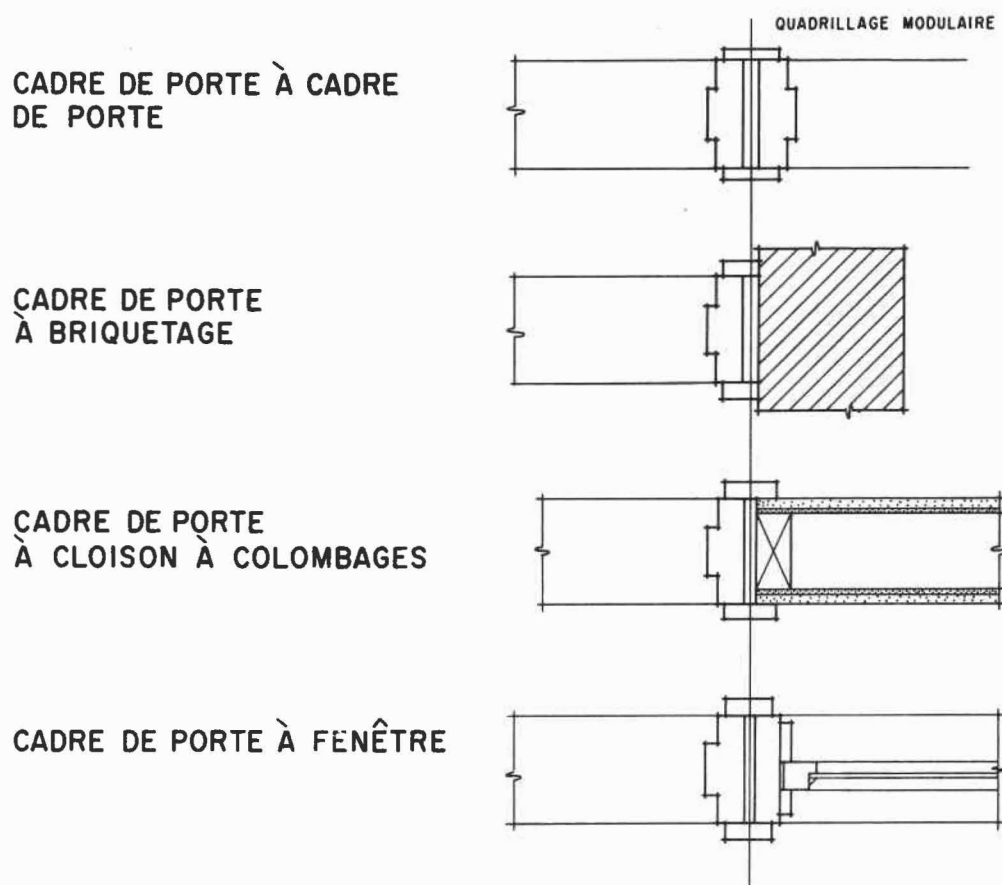


Figure 3. Profils caractéristiques des faces de joint des éléments constituants.

La gamme des dimensions qu'un fabricant produit doit être limitée pour des raisons d'économie. D'un autre côté, les dimensions doivent être telles qu'elles puissent s'ajuster facilement aux autres dans la construction et assurer aussi une flexibilité suffisante dans la disposition des éléments constitutants afin qu'il soit possible de réaliser une certaine variété dans la conception d'une construction. Une gamme de dimensions basée sur des multiples du module de 4 pouces à 10 pieds (1 module à 30 modules) établit une limitation sans toutefois nuire à la coordination ou à la flexibilité.

Gamme des dimensions modulaires des éléments constitutants

TABLEAU I
GAMME DES DIMENSIONS

Modules	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28
	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Pouces	4	16	28	40	52	64	76	88	100	112
	8	20	32	44	56	68	80	92	104	116
	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120

Les éléments constitutants ne requièrent pas d'être fabriqués sur toute la gamme mais plutôt il faudrait choisir des dimensions qui correspondent approximativement à celles qui sont employées communément. Lorsqu'il est désirable d'avoir recours à une flexibilité dans la disposition des éléments constitutants, il est préférable d'avoir des dimensions depuis le bas de la gamme, telles que 4, 8, 12 et 16 pouces. Il est également utile si, lorsque les dimensions choisies sont doublées ou triplées, elles peuvent s'ajuster aux dimensions plus élevées de la gamme (12 et 16 dans 48). Les dimensions soulignées au tableau I sont admises parmi les plus utilisables.

Une gamme de dimensions peut être réduite à un minimum en incluant seulement ces dimensions qui créent des éléments constitutants dont les proportions sont plaisantes du point de vue esthétique, celles qui sont les plus pratiques de fabriquer et d'installer, et ces dimensions telles que les hauteurs de portes, de pupitres et de plafonds qui conviennent le mieux aux dimensions anthropométriques. Par exemple, les éléments constitutants suédois d'une porte (porte et cadre de porte) sont produits en 2 hauteurs modulaires, 6 pieds 8 pouces et 7 pieds et en 4 largeurs, 2 pieds 4 pouces, 2 pieds 8 pouces, 3 pieds 0 pouce et 3 pieds 4 pouces.

La gamme est applicable à la longueur, à la largeur et à l'épaisseur d'un élément constituant. Elle peut être employée pour tous les 3 dans le bloc de béton de 8 sur 8 sur 16 pouces (ou 2 sur 2 sur 4 modules, abrégés à 2M sur 2M sur 4M), alors que dans d'autres éléments constituants, 2 dimensions seulement peuvent être modulaires et la troisième non modulaire, telle que l'épaisseur du verre qui est une dimension qui ne nuit pas au module.

Lorsque des éléments constituants sont par nécessité plus petits qu'un module, ils peuvent être groupés pour former un multiple modulaire, telle que la chose se présente communément en briquetage. Trois éléments sont ajoutés pour donner 8 pouces ou encore 3 éléments pour donner 16 pouces. Chaque élément est un segment du multiple modulaire résultant en une gamme segmentée.

TABLEAU II

GAMME SEGMENTÉE, EN POUCES

(Cette gamme est commune en maçonnerie pour la coordination à des multiples de 2M ou de 4M.)

2 $\frac{3}{4}$	10 $\frac{3}{4}$	18 $\frac{3}{4}$	26 $\frac{3}{4}$	34 $\frac{3}{4}$
5 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{2}$	37 $\frac{1}{2}$
8	16	24	32	40

*Éléments
constituants
dans l'espace
modulaire*

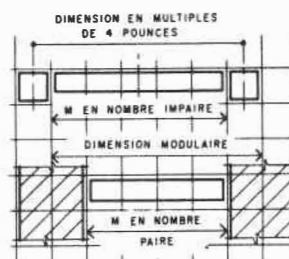
Etant donné que chaque élément constituant modulaire et son joint ne dépassent pas un intervalle modulaire, il est possible de se représenter l'élément constituant en tant qu'il occupe un espace modulaire. En général, il est supposé que l'élément constituant sera placé au milieu de son espace modulaire. En conséquence, *aucun élément constituant ne pénètre normalement l'espace modulaire d'un autre élément constituant.* Ceci n'empêche pas ces parties d'un élément constituant qui sont des saillies nécessaires du dispositif d'attache de l'élément constituant telles que les languettes et les rainures ou un solin qui est nécessaire pour l'étanchéité de dépasser en dehors de son espace modulaire.

Pour assurer la résistance de la construction, il peut être nécessaire qu'un élément constituant soit plus grand qu'une dimension modulaire. Si l'excédent peut être une moitié égale du module, alors un élément constituant modulaire intermédiaire peut être intercalé pour restaurer l'ordre facilement.

ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DANS LES ESPACES MODULAIRES

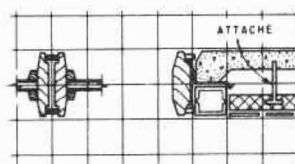
ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DONT L'AXE
INTERVIENT ENTRE LES LIGNES DU
QUADRILLAGE DE RÉFÉRENCE

ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DONT L'AXE
SE PRÉSENTE SUR UNE LIGNE DU
QUADRILLAGE DE RÉFÉRENCE



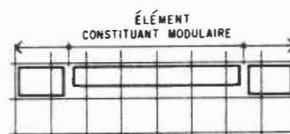
DÉPASSANT L'ESPACE MODULAIRE

SEULS LA BOISERIE, LES ATTACHES, LA
LANGUETTE ET LA RAINURE ET LE
SOLIN DEVRAIENT TRAVERSER LA LIGNE
DU QUADRILLAGE DE RÉFÉRENCE ENTRE
LES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS



ÉLÉMENTS CONSTITUANTS PLUS GRANDS QUE L'ESPACE MODULAIRE

LES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS PLUS
GRANDS D'UN DEMI MODULE QUE
L'ESPACE MODULAIRE PEUVENT
PERMETTRE L'EMPLOI D'ÉLÉMENTS
CONSTITUANTS MODULAIRES INTER-
MÉDIAIRES



ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DE JOINTOIEMENT

LES MEMBRES DE JOINTOIEMENT NON
MODULAIRES PEUVENT S'AJOUTER POUR
DONNER UNE DIMENSION MODULAIRE ET
ÊTRE EMPLOYÉS AVEC DES ÉLÉMENTS
CONSTITUANTS MODULAIRES POUR
REMPLIR UN ESPACE TOTAL MODULAIRE

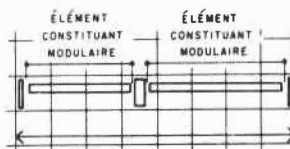


Figure 4. Éléments constitutifs modulaires dans les espaces modulaires.

L'espace occupé par un élément a en réalité 3 dimensions et en conséquence il est nécessaire d'avoir des lignes de référence dans chaque dimension. Les plans de référence constituent ce qui s'appelle le *réseau modulaire*. Un *réseau modulaire* impose des lignes de référence à des intervalles de 4 pouces. La plupart des conditions dans un assemblage modulaire peuvent être résolues en 2 dimensions et ainsi le réseau modulaire est projeté horizontalement et verticalement de la même manière que tous les objets sont projetés dans les épures, s'inscrivant comme un *quadrillage modulaire de lignes modulaires*.

Si l'espace à l'intérieur et à l'extérieur d'un bâtiment entier est représenté comme étant pénétré d'un réseau modulaire, le nouveau système de coordination est évident. Les plans de référence du quadrillage dénotent les *dimensions* et l'*emplacement* de la construction, répondant ainsi complètement aux exigences d'une construction efficace avec des éléments constituants fabriqués mécaniquement. *La variation des dimensions des éléments constituants est limitée par le module de 4 pouces. Les éléments constituants sont mis en place avec exactitude en ayant un emplacement déterminé d'avance dans le quadrillage.*

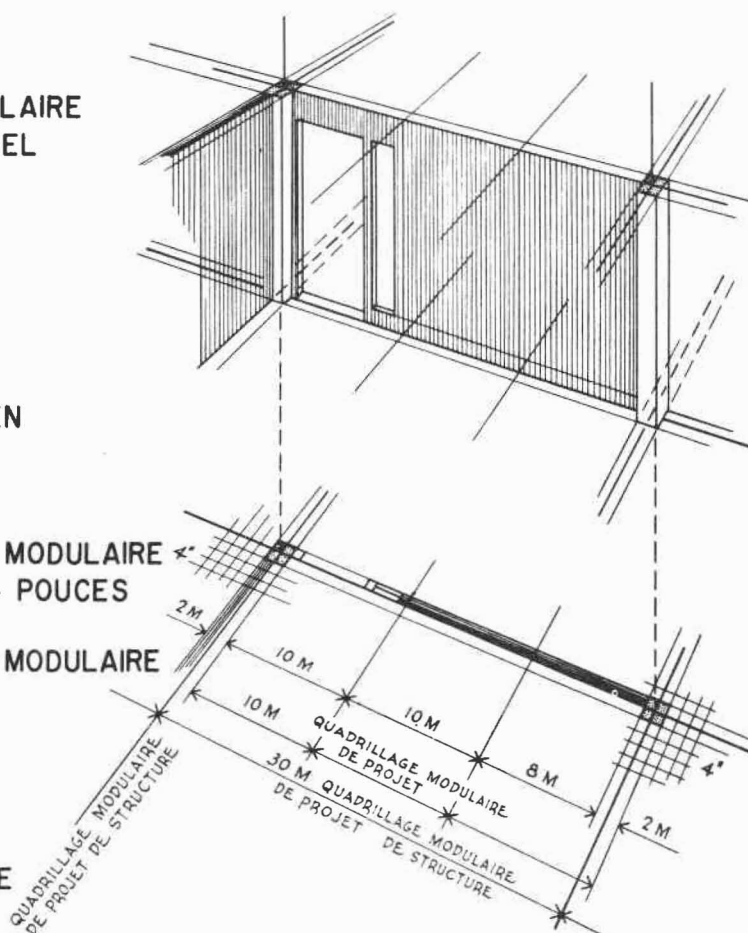
**RÉSEAU MODULAIRE
TRIDIMENSIONNEL**

**PROJECTION EN
2 DIMENSIONS**

**QUADRILLAGE MODULAIRE
DE BASE DE 4 POUCES**

**QUADRILLAGE MODULAIRE
DE PROJET**

**QUADRILLAGE
MODULAIRE
DE PROJET
DE STRUCTURE**



L'ESPACE D'UN BÂTIMENT EST À LA BASE DIVISÉ EN CUBES DE 4 POUCES REPRÉSENTÉS EN PROJECTION ORTHOGRAPHIQUE PAR DES LIGNES DE QUADRILLAGE ESPACÉES DE 4 POUCES. LA DIVISION SUIVANTE PLUS GRANDE EST LE QUADRILLAGE MODULAIRE DE PROJET DÉTERMINÉ PAR LE PROJETEUR D'APRÈS LES DIMENSIONS DES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS OU LA FONCTION DU BÂTIMENT. LA PLUS GRANDE DIVISION DE L'ESPACE SE FAIT PAR DES MEMBRES DE CHARPENTE OU DES ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DE CONSTRUCTION TELS QUE PLANCHER ET MUR.

Figure 5. Le volume d'un bâtiment divisé en espaces modulaires par le quadrillage et sa représentation sur un plan.

**Conception
en se servant
constituants
d'éléments
modulaires**

Il est anticipé qu'il faudra avoir recours au même quadrillage modulaire en passant de la conception des éléments constituants à la conception d'une construction. Alors qu'antérieurement il se projetait dans un élément constituant, il se projette maintenant dans la construction et peut de plus se projeter dans l'espace en dehors de la construction au besoin. Ce changement à une échelle plus grande est accompagné de l'introduction d'un quadrillage plus grand appelé *quadrillage modulaire de projet*. Le module qui détermine le quadrillage est un multiple du quadrillage normal et il est obtenu d'après les dimensions d'un grand élément modulaire qui est dominant dans le bâtiment tel qu'un panneau de mur écran, un panneau de cloison de bureau, ou un élément préfabriqué de plancher en béton de charpente. D'un autre côté, le module de projet peut être une dimension fonctionnelle pour établir le rapport entre les espaces d'activité. Dans plusieurs cas, l'unique quadrillage modulaire de projet servira aux 2 fins.

La plus grande forme de quadrillage de référence est un *quadrillage modulaire de projet de structure* pour établir les membres d'une construction à ossature. Le *quadrillage modulaire* est de dimensions uniformes dans les 3 directions i.e., un module; tous les autres quadrillages peuvent être de diverses dimensions modulaires suivant les éléments constituants et leur fonction. De plus, divers quadrillages peuvent être employés dans une construction, les uns recouvrant les autres pour former un motif de tartan.

Il y a une combinaison illimitée de quadrillages et il faudrait se rappeler qu'ils doivent être employés comme des outils flexibles de projet. Il ne faudrait pas établir un seul quadrillage où chaque élément constituant est inséré: ceci amènerait sans doute une conception stérile et de qualité inférieure. Les quadrillages sont constitués de lignes de référence variables, bien que chaque position de référence soit à l'intervalle d'un module normal afin d'assurer la coordination des éléments constituants.

Les architectes ont souvent travaillé avec des quadrillages dans le plan horizontal pour réaliser un emploi efficace du rapport entre l'espace du plancher et la pièce, sans toutefois considérer les avantages des quadrillages verticaux. Ils sont beaucoup plus simples à employer que les quadrillages horizontaux parce que les dimensions possibles sont peu nombreuses. Les plus importantes de celles-ci sont la hauteur du plafond, du seuil de la fenêtre, de la tête de fenêtre et de la tête de la porte, et la hauteur des tables. Dans chaque groupe, les dimensions sont raisonnablement constantes pour chaque genre de construction étant donné qu'elle ont été déterminées par les règlements de construction, la pratique et la coutume locales ou les dimensions du corps humain lorsqu'il est au repos ou en mouvement.

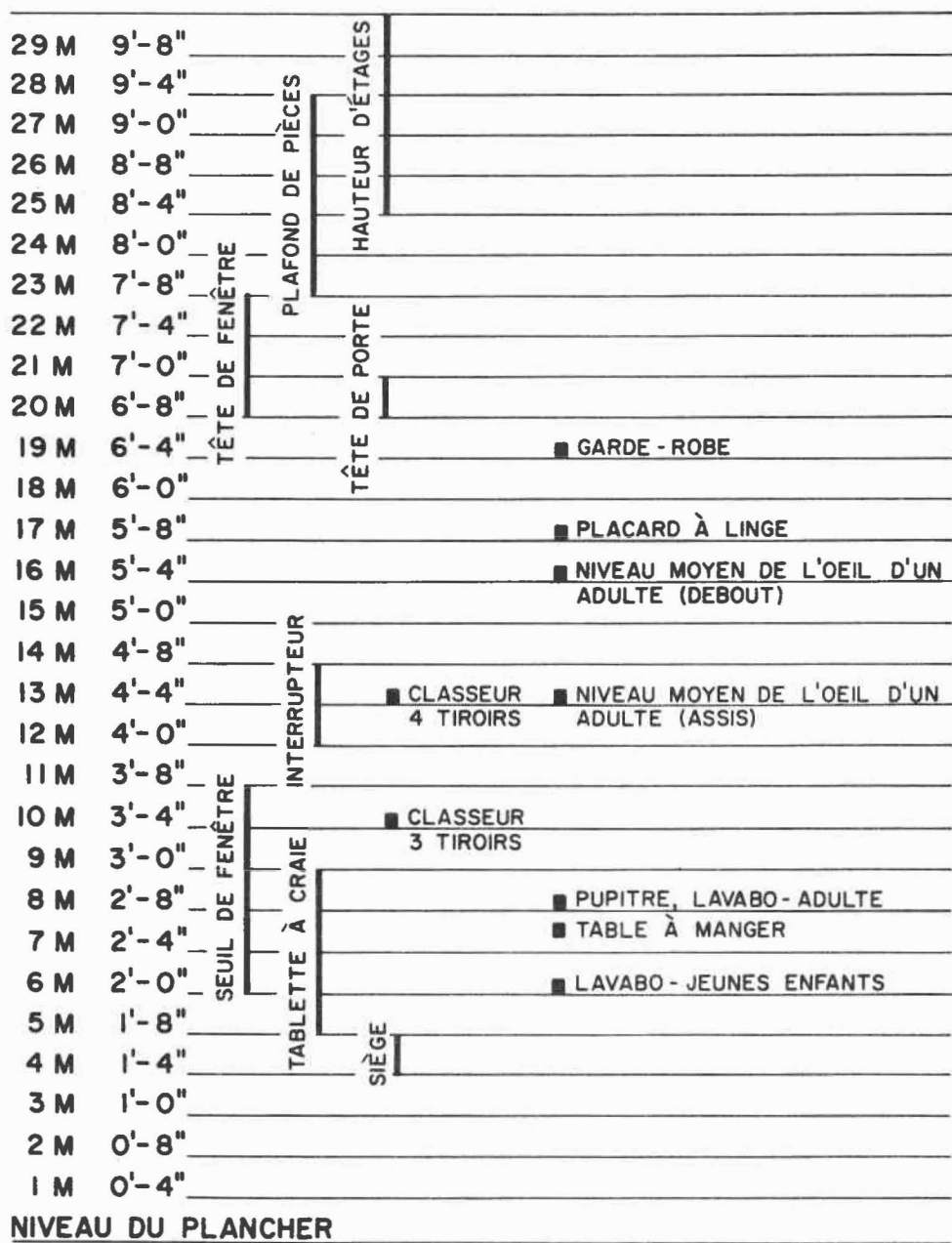


Figure 6. Dimensions verticales de projet suivant le module.

Dans la préparation des épures pour une construction complètement calculée, 3 types de dessins sont habituellement requis: esquisses préliminaires, épures de construction et dessins des détails.

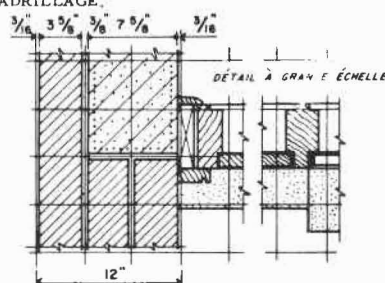
Depuis le début du procédé et dès qu'il aura été établi ce que sera le matériau de charpente de la construction, qu'il s'agisse d'une charpente de béton, d'une charpente d'acier ou de pans à colombages en bois ou d'une maçonnerie portante, il faudra songer au quadrillage modulaire, au quadrillage modulaire de projet et au quadrillage modulaire de projet de structure. Etant donné que les esquisses préliminaires sont dressées à une petite échelle, 1/32, 1/16 ou 1/8 de pouce au pied, et sans dimensions détaillées, il suffit habituellement que l'échelle des épaisseurs de murs, des hauteurs d'étage, des ouvertures et des rentrants répétés, des saillies et des changements d'un matériau à un autre, l'axe des poteaux et les dimensions générales soient de *dimensions modulaires*. Si une réglementation modulaire est exercée dès le début par l'architecte, les modifications subséquentes en rapportant les éléments constitutants du bâtiment au quadrillage modulaire sont mineures et le modèle du bâtiment reste inchangé. L'architecte ne devrait pas perdre de vue la réglementation imposée par le quadrillage modulaire mais plutôt l'accepter comme une caractéristique naturelle des éléments constitutants de construction fabriqués mécaniquement qu'il emploie.

Après les esquisses préliminaires, commencent habituellement les épures en plan de construction, les élévations et les coupes à 1/16, 1/8 ou 1/4 de pouce

VOICI DES ÉPURES MODULAIRES RÉGULIÈRES

EN CONFORMITÉ DU CODE DE COORDINATION MODULAIRE EN BÂTIMENT - CSA - A-31-1959

LA POSITION ET HABITUELLEMENT LA GRANDEUR DES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DU BÂTIMENT DANS CES DESSINS SONT RÉGIS PAR LE QUADRILLAGE MODULAIRE NORMAL DE 4 POUCES. LES DESSINS À GRANDE ÉCHELLE INDIQUENT EN DÉTAILS CLAIRS COMMENT LES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS S'AJUSTENT DANS LE QUADRILLAGE.

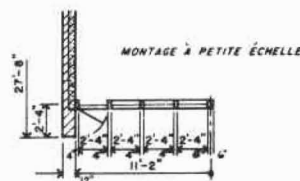


LES LIGNES DE DIMENSIONS TIRÉES JUSQU'AU QUADRILLAGE DE RÉFÉRENCE SE TERMINENT TOUJOURS PAR UNE "POINTE DE FLÈCHE" →

LES LIGNES DE DIMENSIONS TIRÉES À UN POINT QUI N'EST PAS SUR LE QUADRILLAGE DE RÉFÉRENCE SE TERMINENT TOUJOURS PAR UN "POINT" →

LE PLAN ET L'ÉLEVATION À PETITE ÉCHELLE ILLUSTRONT LE MONTAGE DES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS.

LA PLUPART DES DIMENSIONS DONNÉES SONT DES DIMENSIONS MODULAIRES PROLONGÉES JUSQU'AUX LIGNES DE RÉFÉRENCE DU QUADRILLAGE ET ELLES SONT EN MULTIPLES DE 4 POUCES. EN APPLIQUANT LA CONVENTION DE LA POINTE DE FLÈCHE, IL EST CLAIR QUELLES DIMENSIONS SONT TIRÉES JUSQU'À LA LIGNE DE RÉFÉRENCE DU QUADRILLAGE.



LES DIMENSIONS DES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS FABRIQUÉS, ILLUSTRÉES DANS LE DÉTAIL À GRANDE ÉCHELLE COMME ÉTANT DE 3 5/8 POUCES ET DE 7 5/8 POUCES SONT DES "DIMENSIONS DE FABRICATION." LES "DIMENSIONS MODULAIRES" DE CES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS SONT ADMISES À 4 POUCES ET À 8 POUCES. LA DIMENSION DE 3/16 EST LE RAPPORT CONSTANT DE CES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS PARTICULIERS AU QUADRILLAGE DE RÉFÉRENCE.

Figure 7. Une remarque typique à être ajoutée sur les épures modulaires.

au pied. Elles ne devraient pas être commencées cependant avant de connaître le rapport modulaire exact des principaux éléments du bâtiment (planchers, murs et toits) au quadrillage modulaire, soit par expérience, soit par l'élaboration de détails à grande échelle de 1½ ou 3 pouces au pied.

Les détails à grande échelle sont donc appelés à jouer un autre rôle en plus de leurs rôles déjà établis. Ils deviennent des dessins-clés: non seulement illustrent-ils clairement les dimensions et l'assemblage des éléments constitutants mais ils illustrent aussi le *rapport des éléments constitutants et des éléments de bâtiment au quadrillage*. Avec cet emploi des dessins détaillés, *les dessins de montage ne requièrent habituellement plus que les dimensions jusqu'aux lignes de référence du quadrillage* — dimensions qui ne sont pas des fractions mais des multiples de 4 pouces, faciles à additionner. De plus, à cause de ce concept, les dessins de construction peuvent être dressés à une échelle plus petite que ce qui est normalement requis pour illustrer les dimensions fractionnées et ils ont été tirés d'une façon satisfaisante à une échelle de 1/16 de pouce au pied. Afin d'informer les lecteurs de dessins modulaires qu'ils ont été préparés suivant le système modulaire, une note explicative semblable à ce qui est rédigé à la Fig 7 peut être insérée sur la première page du jeu d'épures.

Les erreurs de montage peuvent être occasionnées par des dimensions incorrectes, l'illisibilité ou des points de référence insuffisants ou ambigus sur les dessins. Ces erreurs doivent être éliminées en construisant avec des éléments constitutants fabriqués mécaniquement lorsqu'il n'est pas possible de se fier au taillage ni à l'ajustage pour effectuer les corrections qui s'imposent. Les dimensions des éléments constitutants modulaires sont établies avec un grand soin afin qu'ils n'occupent pas plus d'espace que leur espace modulaire, et pour qu'il soit possible de les assembler correctement sans avoir à les redresser en chantier, leur espace modulaire (tel qu'il est défini par les lignes du quadrillage) doit être établi avec précision en chantier. Le système modulaire avec son réseau modulaire fournit de nombreux points faciles à repérer pour un tel montage précis.

*Montage
précis
en chantier*

L'architecte choisira et définira les principales lignes de référence sur les quadrillages et en établira les dimensions clairement (sans fraction) sur les épures. Il n'est pas nécessaire d'illustrer les autres lignes de quadrillage non requises pour établir l'emplacement des éléments constitutants. Cette élimination des lignes du quadrillage sur le dessin pourrait créer une confusion entre les lignes de quadrillage et les lignes d'épures; ainsi, il a fallu arrêter une "convention de dessin" des épures modulaires. La convention appliquée aux lignes de dimensions stipule ce qui suit: lorsqu'une dimension est donnée jusqu'à une ligne de référence du quadrillage, la ligne de dimension est terminée par une pointe de flèche; lorsque la dimension est donnée jusqu'à un point en dehors du quadrillage de référence, (surface ou ligne), la ligne de dimension est terminée par un point. Cet expéditif simple est employé sur les dessins préliminaires, de construction et de détails. Il serait commode d'imprimer les dessins modulaires en 2 couleurs: une pour les lignes du quadrillage et l'autre pour les éléments constitutants; cependant, avec un peu de pratique dans l'emploi de la convention, la préparation et la lecture des dessins s'avéreront faciles.

*Flexibilité dans
l'emploi du
quadrillage de
référence*

Il doit être reconnu que le quadrillage modulaire est employé comme un "outil de travail" pour aider à trouver l'emplacement exact des éléments constitutants. Comme tout outil, son emploi deviendra plus varié avec l'expérience. Deux variations sont suggérées: une consiste à briser la continuité du réseau modulaire et l'autre, à permettre aux éléments constitutants de sortir de leurs espaces modulaires.

Une partie de la construction du bâtiment aura des éléments constitutants modulaires tels que la brique qui seront en rapport avec le quadrillage modulaire de base; puis des éléments constitutants non modulaires, tels que les bandes de clouage, la latte et l'enduit, sont ajoutés à la face intérieure, ayant pour résultat que la face de l'enduit n'est pas dans le plan du quadrillage. Pour plus de commodité lorsqu'il s'agit de placer les armoires ou les cloisons modulaires intérieures, il serait désirable que la face de l'enduit soit dans le plan de référence du quadrillage. Ceci peut être réalisé en brisant la continuité du quadrillage de base employé pour déterminer l'emplacement des éléments constitutants du mur, et en introduisant un nouveau système de quadrillage de référence secondaire dans le plan de la face de l'enduit. L'espace entre les 2 systèmes de quadrillages est appelé la Zone Neutre. Tout nombre raisonnable de quadrillages secondaires peut être employé pour obvier à l'écart des éléments constitutants non modulaires, mais leur rapport avec le quadrillage de base, c'est-à-dire la largeur de la zone neutre, doit être clairement illustrée. Ainsi, la construction peut être divisée en plusieurs volumes totalement modulés, séparés par des zones neutres et la planification intérieure avec des éléments constitutants modulaires est rendue possible.

L'autre procédé permettant de combiner les éléments constitutants modulaires et non modulaires dans la construction ci-dessus, est appelé le Principe du Décalage. Dans cette méthode, le quadrillage de base est conservé partout et les éléments constitutants modulaires deviennent "décalés" de leurs espaces modulaires par l'épaisseur murale non modulaire. La mesure du décalage doit être notée avec soin (comme dans le cas de la zone neutre), étant donné que tous les éléments constitutants modulaires placés en rapport avec la face de l'enduit seront également décalés du quadrillage de référence.

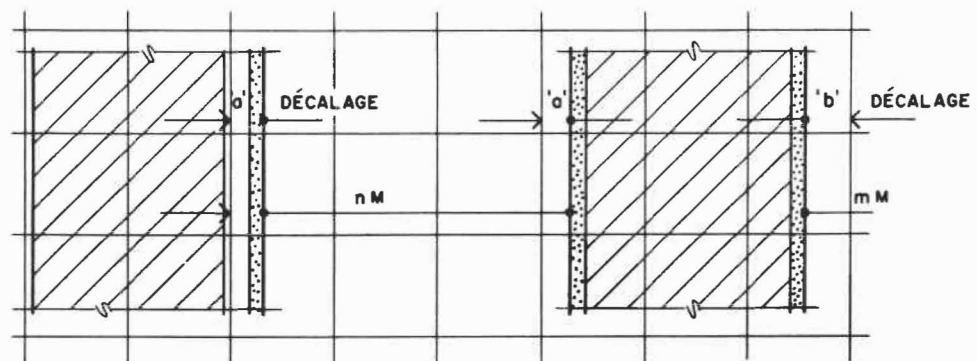
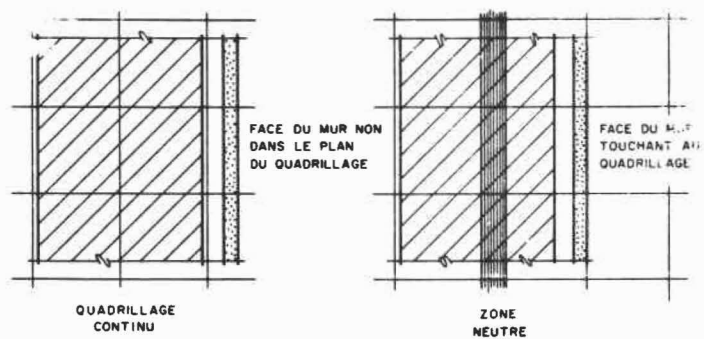
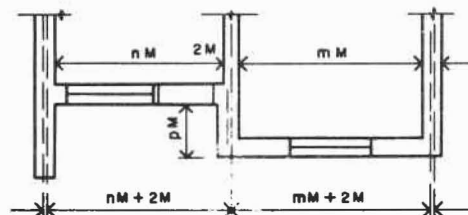


Figure 8. Principe du décalage



LORSQUE LA CHOSE EST POSSIBLE, LA ZONE NEUTRE DEVRAIT ÊTRE UNE SIMPLE FRACTION DU MODULE e. g. LA MOITIÉ



LA ZONE NEUTRE DANS LE QUADRILLAGE VERTICAL PERMET AU BLOC MODULAIRE DANS LA FONDATION DE S'AJUSTER DANS UN CARREAU DU QUADRILLAGE ET AUX ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DU MUR COMMENÇANT AU NIVEAU DU PLANCHER DE S'AJUSTER DANS UN AUTRE CARREAU DU QUADRILLAGE

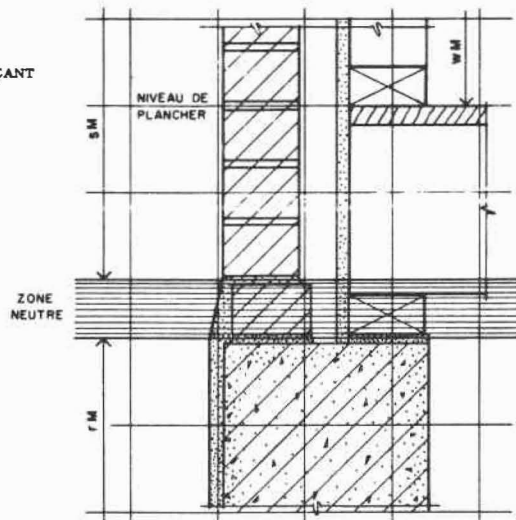


Figure 9. Principe de la zone neutre.

**Rapport entre
le plancher
et le quadrillage**

L'épaisseur des éléments de plancher est un variable incontrôlable en raison du grand nombre de matériaux, et des portées et charges concernés. Ainsi, des hauteurs uniformes d'un plancher à l'autre ne peuvent pas être le résultat d'une hauteur uniforme de plafond plus une épaisseur uniforme d'éléments de plancher. La coutume en coordination modulaire ressemble à celle du dessin conventionnel, où la hauteur d'un étage à l'autre est constante (parce que dans le cas contraire, les volées d'escalier qui les raccordent auraient des marches et des contremarches différentes) et dans ce cas, soit que la hauteur du plafond varie avec l'épaisseur différente de plancher ou, soit que la hauteur du plafond soit constante et que le plancher soit épaissi par l'emploi de fourrures pour donner une épaisseur uniforme. La coordination modulaire exige de plus que le plancher soit dans le plan d'une ligne de référence du quadrillage.

La surface du parquet ou la surface *brute* du plancher sera dans le plan du quadrillage, suivant

(1) l'emploi d'éléments constitutants modulaires au-dessus de la ligne du parquet, et suivant

(2) la séquence de la construction.

Dans les 2 cas, il est très important que la surface de plancher choisie ne dépasse pas son espace modulaire. Plusieurs exemples aux Etats-Unis illustrent la surface du plancher sise à $\frac{1}{8}$ pouce en bas de la ligne du quadrillage comme un écart de construction qui permettra d'assurer l'application de ce principe.

A la Fig. 10(a), les éléments modulaires de maçonnerie sont exposés au-dessus du plancher fini afin que les assises commencent par un joint exposé au niveau du

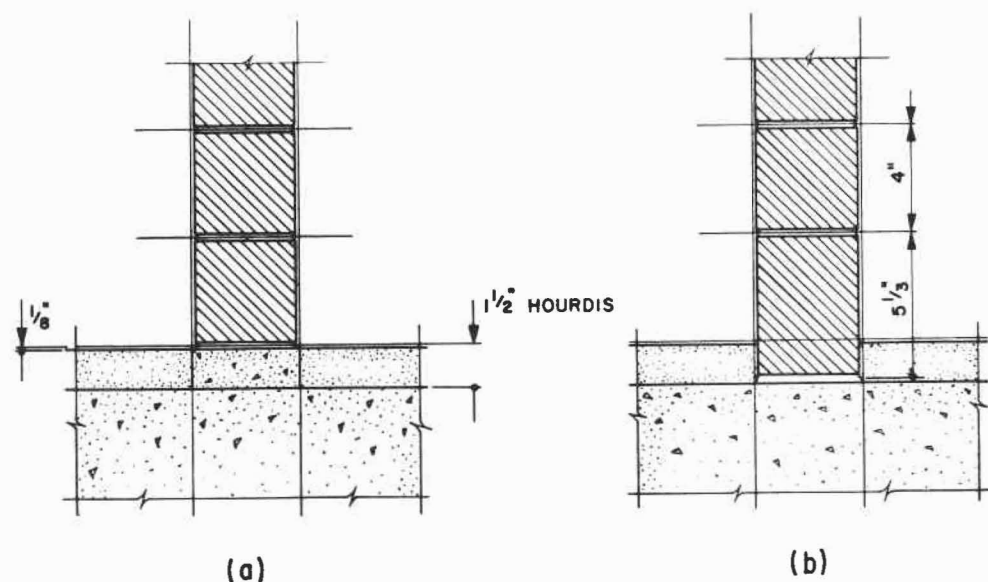


Figure 10. Deux méthodes de pose de la première assise de la maçonnerie modulaire sur un plancher brut de construction.

plancher. Etant donné que le parquet consiste en un hourdis mis en place sur le plancher brut de construction, après les travaux de maçonnerie, il faut prévoir un rebord pour les éléments de maçonnerie ayant l'épaisseur du hourdis. Il peut être du béton ou un élément mince de maçonnerie. Autrement, la première assise d'éléments de maçonnerie peut avoir une hauteur spéciale obtenue d'une autre gamme de dimensions tel qu'il est indiqué à la Fig. 10(b). Les figures 12 et 15 illustrent la position d'une dalle avec son fini de surface intégral.

En construisant les bâtiments à pans de bois, les éléments constitutifs du mur sont posés directement sur le faux parquet de bois; il n'est pas pratique de caler les pièces au niveau de la surface du parquet de bois (Fig. 9). Les matériaux de parquet posés sur le faux parquet de bois ont habituellement $\frac{3}{8}$ pouce ou moins, ce qui constitue une "emprise" qui peut être tolérée par l'espace modulaire des éléments constitutifs placés sur le parquet.

Non seulement les dimensions des éléments constitutifs modulaires intérieurs sont-elles prises de la ligne de quadrillage du plancher mais celles aussi des éléments constitutifs des murs extérieurs tels que les cadres de portes, les seuils et les cadres de fenêtres et les volées d'escaliers préfabriqués ou assemblés d'avance.

L'expérience de plusieurs dessinateurs révèle que le papier d'architecte contenant des lignes de quadrillage faiblement imprimées n'est pas essentiel; d'aucuns trouvent que le carrelage est distrayant. Une feuille de couverture quadrillée sur la planche de dessin ou un papier quadrillé qui peut être glissé sous le papier d'architecte, peut être utile à certains temps, mais un quadrillage tiré à l'échelle requise est habituellement suffisant.

*Papiers
à dessin
modulaire*

EXEMPLES DU CHOIX DE QUADRILLAGES MODULAIRES CONSTITUANTS ET LE QUADRILLAGE DE PROJET ET DU RAPPORT ENTRE LES ÉLÉMENTS

1. CHARPENTE MÉTALLIQUE ET PANNEAUX MURAUX PRÉFABRIQUÉS

*The British Standards Institute Laboratory,
Hemel Hempstead, Angleterre.
Architectes: Bruce Martin et John Weate*

Ces constructions de laboratoires furent conçues sur une base entièrement modulaire comme un des bâtiments d'essais du Royaume-Uni dans la seconde phase du projet de l'agence européenne de productivité. En choisissant les dimensions du quadrillage modulaire de projet, les architectes Bruce Martin et John Weate ont considéré des dimensions de 6 à 12 modules. Le module 6M était trop petit pour un bâtiment de cette superficie et celui de 12M était trop grand pour la planification des petits bureaux et pour l'aménagement flexible de l'outillage de laboratoire. Le choix du quadrillage modulaire de projet était de ce fait restreint à 8M.

Deux quadrillages modulaires de projet de structure furent employés: un pour le bureau à un étage, 24M sur 40M / 16M / 40M, tel qu'il est illustré au Bloc B; l'autre, pour les pièces d'essais de un étage et demi, 32M sur 25M / 36M / 25M tel qu'il est illustré dans le Bloc C. Il fut nécessaire d'avoir recours à 2 dimensions de poteaux pour les diverses hauteurs de toits. Le poteau plus petit fut conçu pour s'ajuster dans 1 espace modulaire, le plus grand, dans 1½ espace. Leur position par rapport au quadrillage fut également variée tel qu'il est indiqué sur le détail à grande échelle à la Figure 10.

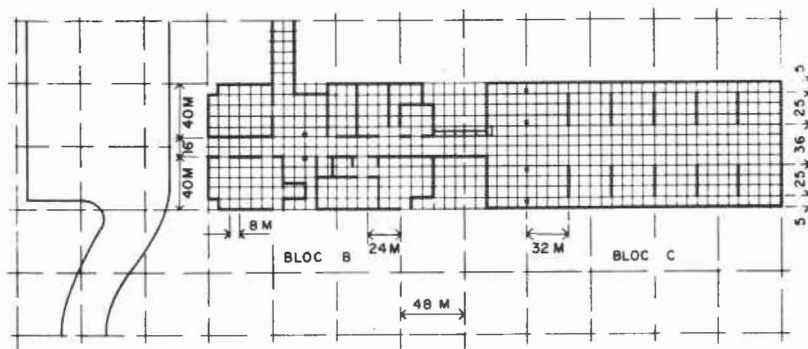
L'emploi du quadrillage d'emplacement de 48M pour tout l'emplacement du bâtiment a été jugé utile pour la mise en place et le montage de la construction et pour l'aménagement de l'emplacement.

DESSIN PRÉLIMINAIRE

QUADRILLAGE MODULAIRE
DE PROJET 8M

QUADRILLAGE MODULAIRE
DE PROJET DE STRUCTURE
BLOC B 24Mx40M/16M/40M
BLOC C 32Mx25M/36M/25M

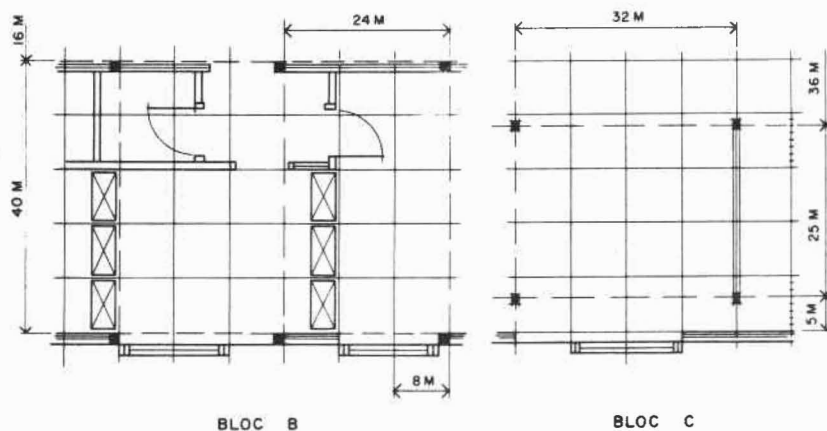
QUADRILLAGE DE
L'EMPLACEMENT 48M



LABORATOIRE
BRITISH STANDARDS INSTITUTE

ARCHITECTES
B. MARTIN AND J. WEATE

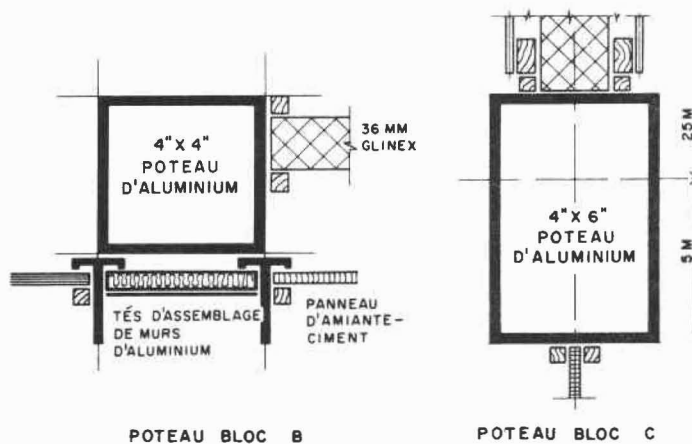
ÉPURES DE MONTAGE



BLOC B

BLOC C

DÉTAIL- ÉPURES



POTEAU BLOC B

POTEAU BLOC C

Figure 11. Les 3 genres de dessins pour le laboratoire d'essais du British Standards Institute.

2. CHARPENTE MÉTALLIQUE ET MAÇONNERIE

Centre médical, Université de West Virginia.

Architectes: C. E. Silling and Associates

Dans cette construction, seul le quadrillage normal fut employé pour établir l'emplacement de tous les éléments de construction. Il n'y a aucune preuve de quadrillages modulaires de projet ou de projet de structure, bien qu'un certain ordre fut imposé par la répétition de plusieurs dimensions semblables. L'élément de brique modulaire est l'élément constituant dominant et toutes les dimensions dans la construction sont établies pour employer cet élément constituant qui est économique.

Sur le plan d'étage (Fig. 14) tiré à une échelle de 1/16 de pouce au pied, à peu près chaque dimension est un multiple de 4 pouces. Il n'y a aucune fraction parce que toutes les dimensions sont sur les lignes de référence du quadrillage. La coupe verticale dans le mur (Fig. 15) illustre clairement le rapport des éléments de brique à la ligne du quadrillage. Les élévations d'étages depuis la borne-repère sont données en dimensions modulaires. Les dimensions des assises verticales de la maçonnerie sont établies avec la fraction peu commune de $\frac{1}{3}$ pouce ou de $\frac{2}{3}$ pouce, à cause de l'emploi d'éléments de brique qui appartiennent à une gamme segmentée de dimensions (voir Tableau II, p. 14), en plus d'être numérotées (voir également Fig. 16). Ceci ne confond pas le briqueteur qui travaille avec son gabarit établi à 3 assises par 8 pouces.

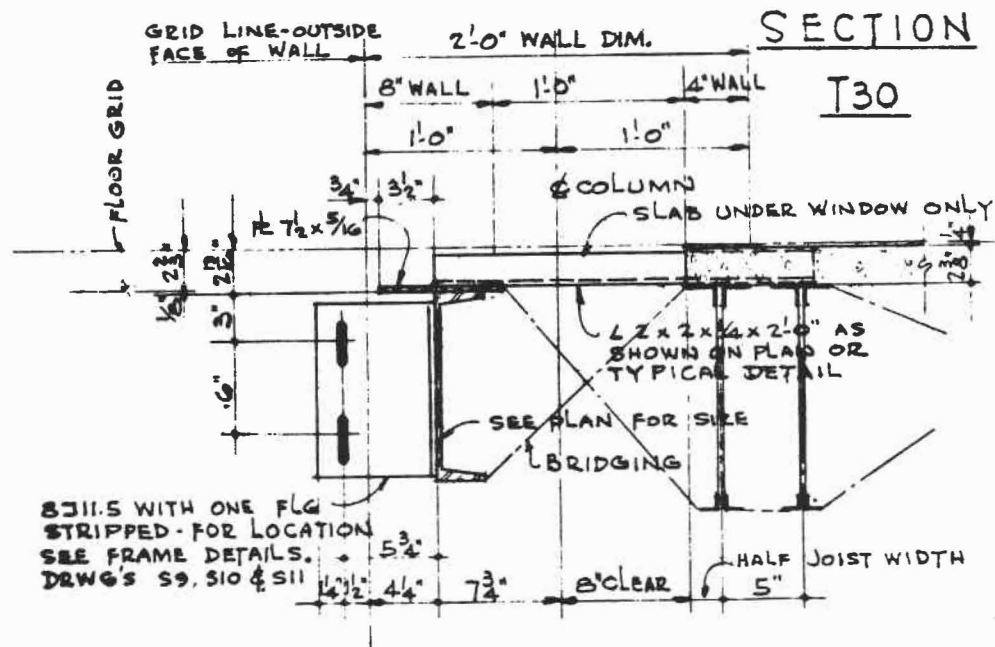


Figure 12. Détail de la construction illustrant le rapport dimensionnel de la charpente d'acier au quadrillage modulaire. Echelle $\frac{1}{2}$ pouce = 1 pied 0 pouce (Centre médical, Université de West Virginia).

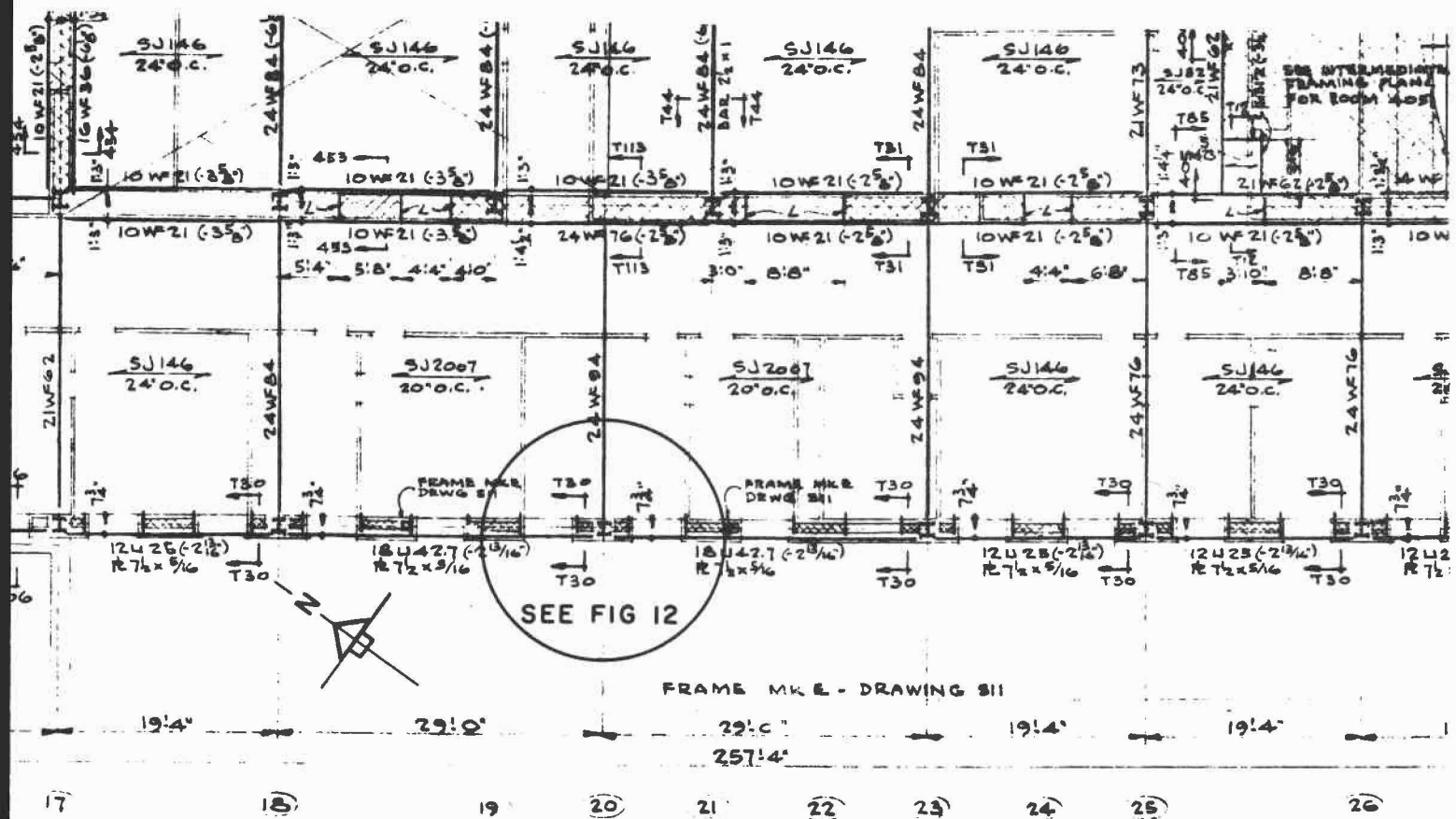


Figure 13. Plan du troisième étage illustrant la charpente du quatrième étage. (Le dessus de toutes les poutres doit être à $\frac{3}{8}$ pouce en bas du quadrillage du quatrième étage sauf annotation contraire. Les chiffres comme suit (-2 $\frac{3}{8}$ pouces) indiquent la distance du quadrillage du quatrième étage au-dessus de la poutre.) Echelle 1/16 pouce = 1 pied 0 pouce (Centre médical, Université de West Virginia).

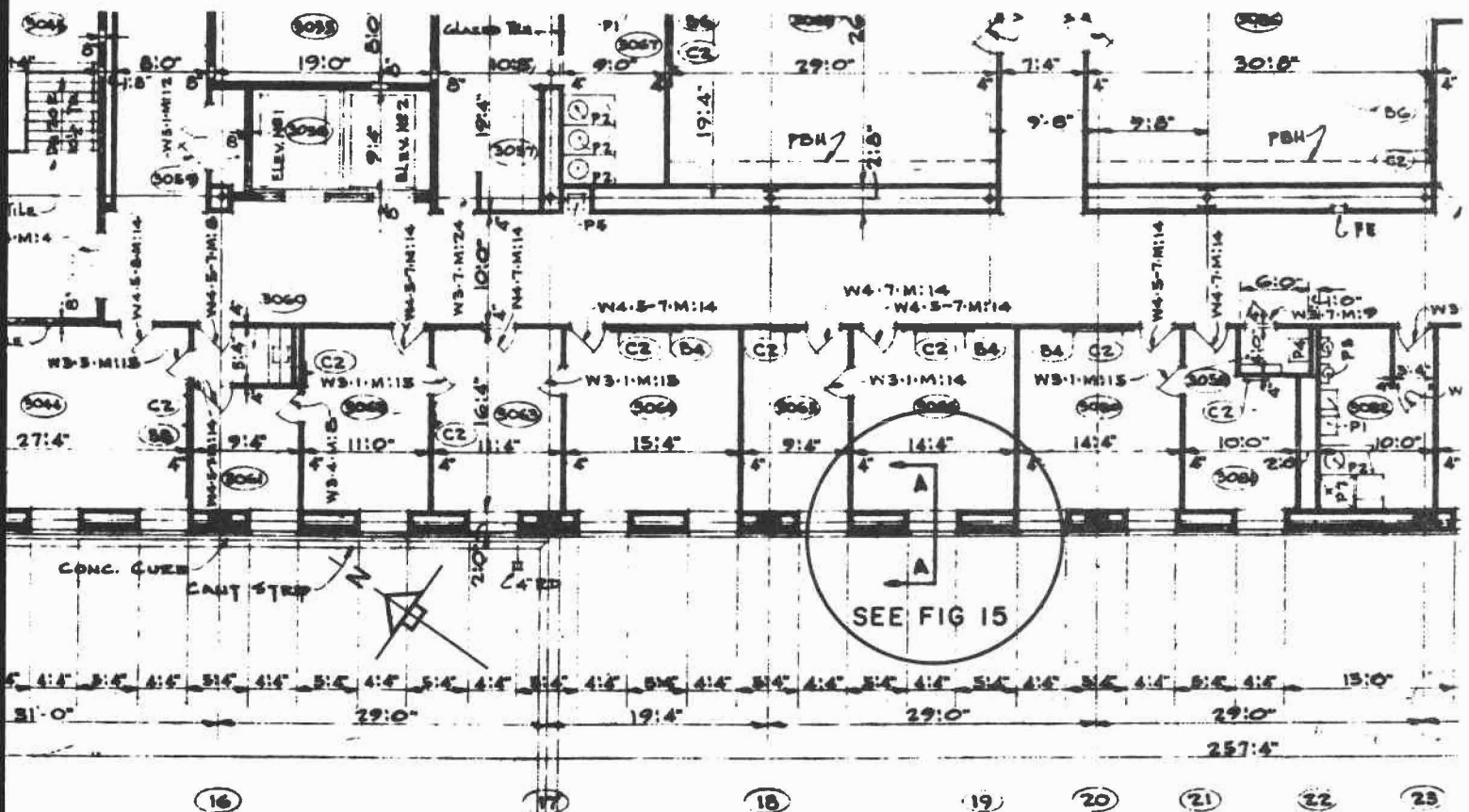


Figure 14. Plan du troisième étage. Echelle 1/16 pouce = 1 pied 0 pouce (Centre médical, Université de West Virginia).

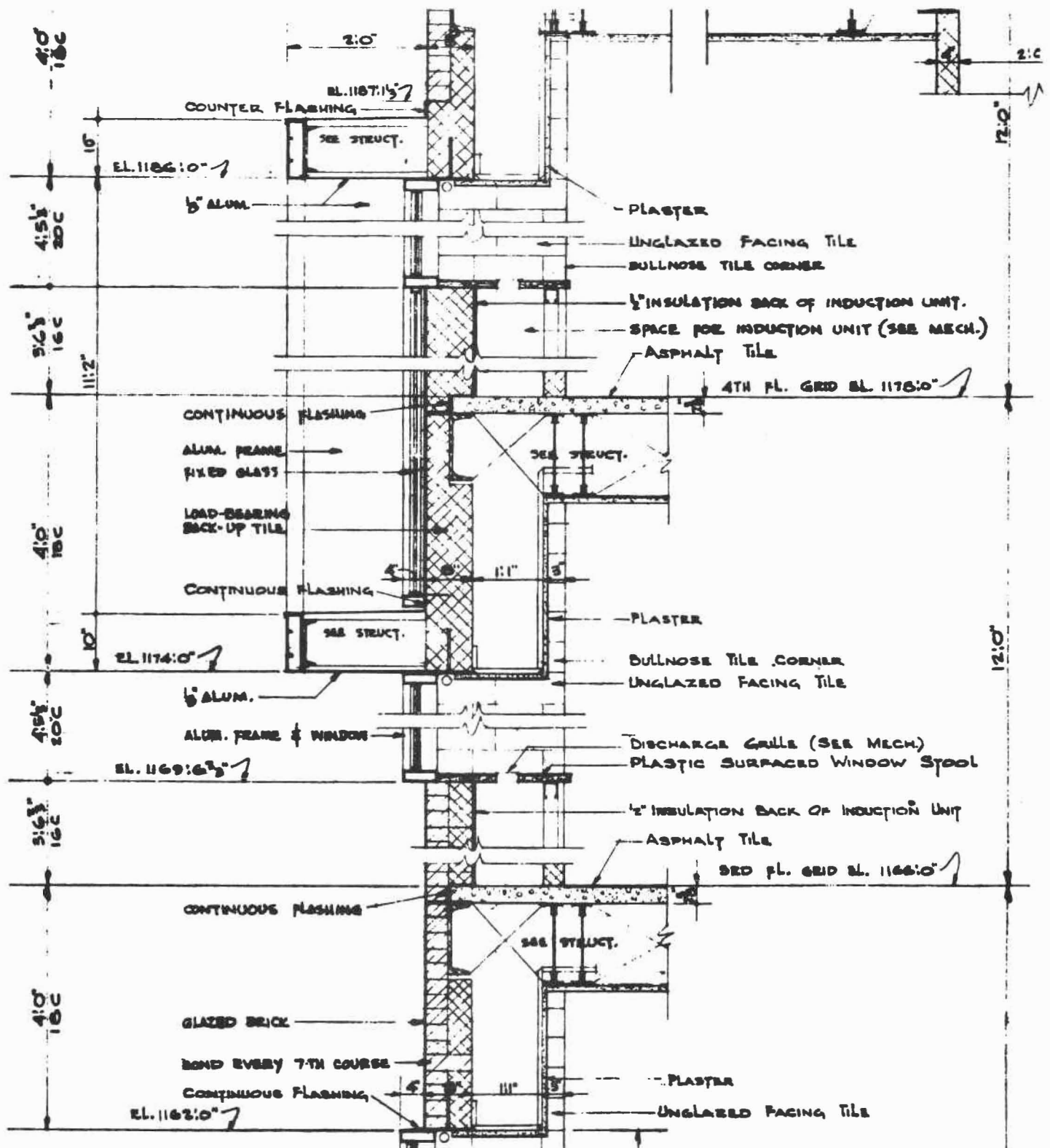


Figure 15. Coupe verticale du mur extérieur ouest. Dans ce dessin le patron du quadrillage de 4 pouces, les lignes de dimension à pointe de flèche sont illustrées. Le rapport dimensionnel de la maçonnerie au quadrillage est aussi omis parce que les maçons étaient entièrement au courant de l'établissement des dimensions modulaires pour la brique modulaire. (Centre médical, Université de West Virginia).

3. CHARPENTE DE BOIS

Projet expérimental Mark 3.

Association nationale des constructeurs de maisons.

Architecte: S. A. Gitterman

L'emplacement de base d'un mur à pans de bois dans le quadrillage est déterminé en plaçant les colombages au centre entre 2 lignes de référence du quadrillage tel qu'il est illustré à la Fig. 17(a). Ceci peut être varié pour satisfaire diverses techniques de construction et à mesure que l'architecte se familiarise de plus en plus avec l'emploi du quadrillage de référence.

Dans l'exemple, les éléments constitutants dominants de la construction sont les panneaux de parement d'amiante-ciment et les panneaux muraux à âme de plâtre. Ces éléments constitutants ont été employés sur leur pleine largeur de 4 pieds ou en demi-largeurs. Les cloisons intérieures consistent en panneaux muraux au plâtre lamellés de $1\frac{3}{8}$ pouce, posés au centre entre les lignes de référence, à l'espace d'un demi-module, Fig. 17(b). Les fenêtres dans cette maison expérimentale sont du verre fixe mais des cadres de fenêtres modulaires auraient pu être installés dans les ouvertures. L'emploi de dimensions sans fraction présente un plan qui peut être facilement lu. Pour travailler avec précision d'après le plan modulaire lorsqu'il dispose sa construction, le constructeur a tout simplement à se rappeler les quelques fractions clairement indiquées sur les détails à grande échelle.

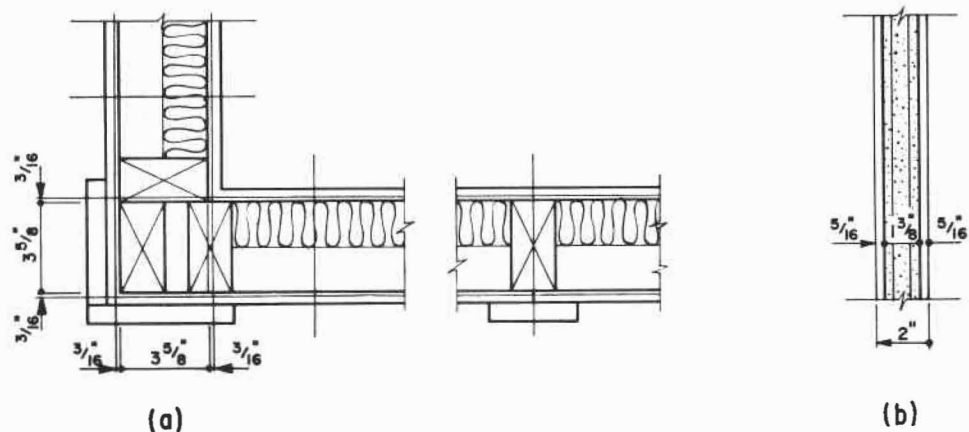


Figure 17. Rapport du mur extérieur et du mur intérieur au quadrillage.

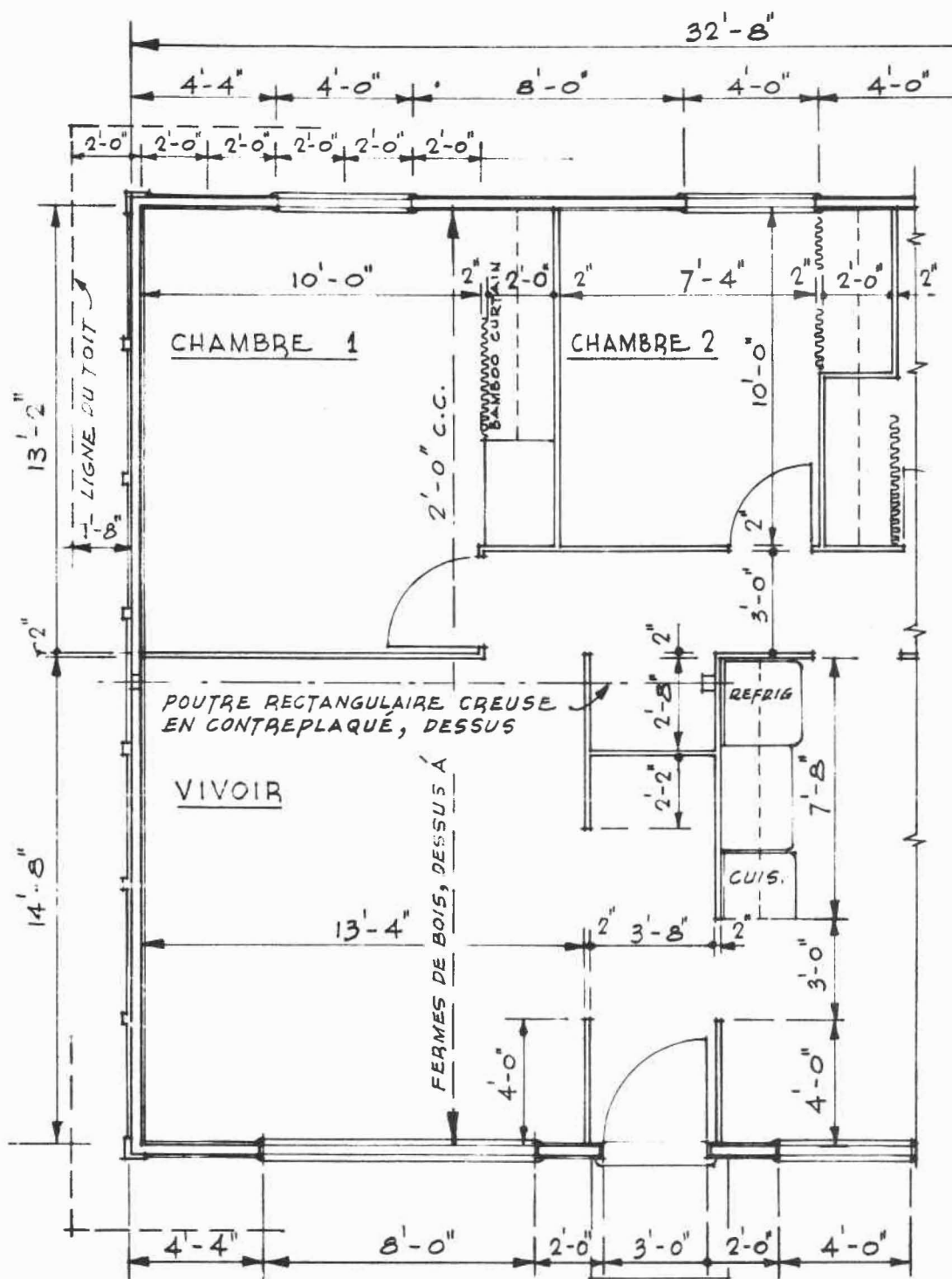


Figure 18. Plan d'étage d'une maison à pans de bois.

4. PANS DE BOIS ET MAÇONNERIE (BRIQUE PLAQUÉE)

Maison modulaire expérimentale, Ottawa.

Architectes: Gilleland et Strutt

Cet exemple est semblable à la construction à charpente métallique avec maçonnerie où la mise en place des éléments constitutifs se fait par référence au quadrillage de 4 pouces seulement. Le mur de fondation fut conçu en blocs de béton modulaires et de manière que les blocs soient les premiers éléments à être mis en place en chantier. Pour faciliter le travail, on a eu recours à l'emplacement ordinaire par rapport au quadrillage qui est la face extérieure à un demi-joint du quadrillage. La brique plaquée fut alors placée dans la même position relative par rapport au quadrillage. Ayant ainsi établi l'emplacement des éléments constitutifs dominants, une position fut établie pour les pans de bois. Le détail à grande échelle de l'angle (Fig. 19) illustre la position des éléments constitutifs du mur par rapport au quadrillage et il est à noter que l'axe du pan de bois est établi sur la ligne de référence du quadrillage. La position des murs à colombages de bois par rapport au quadrillage est maintenue partout.

Sur le plan d'étage (Fig. 20), certaines dimensions sont données jusqu'à la ligne de référence du quadrillage à la face extérieure de la maçonnerie alors que d'autres sont données jusqu'à la ligne de référence du quadrillage dans l'axe du pan de bois. L'architecte devrait toujours se rappeler de l'ordre dans lequel les éléments constitutifs doivent être assemblés et fournir des dimensions utilisables pour chaque métier.

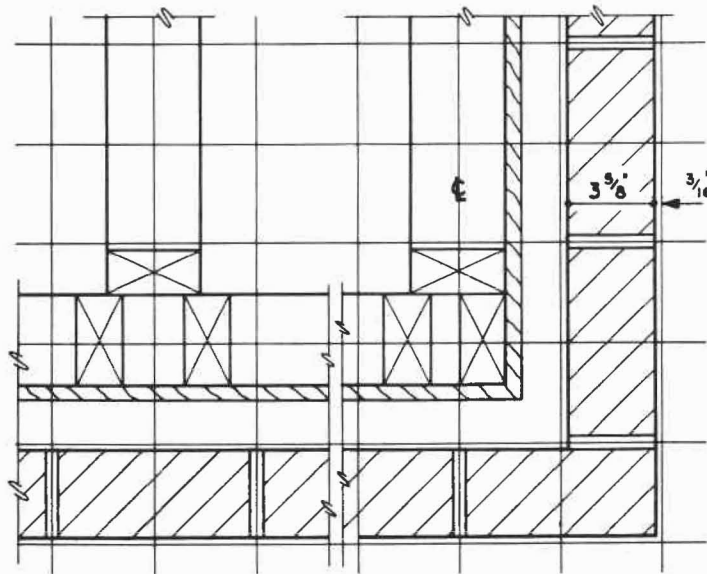


Figure 19. Détail à grande échelle d'un angle de fondation de maçonnerie et de brique plaquée sur pans de bois (Maison modulaire expérimentale, Ottawa).

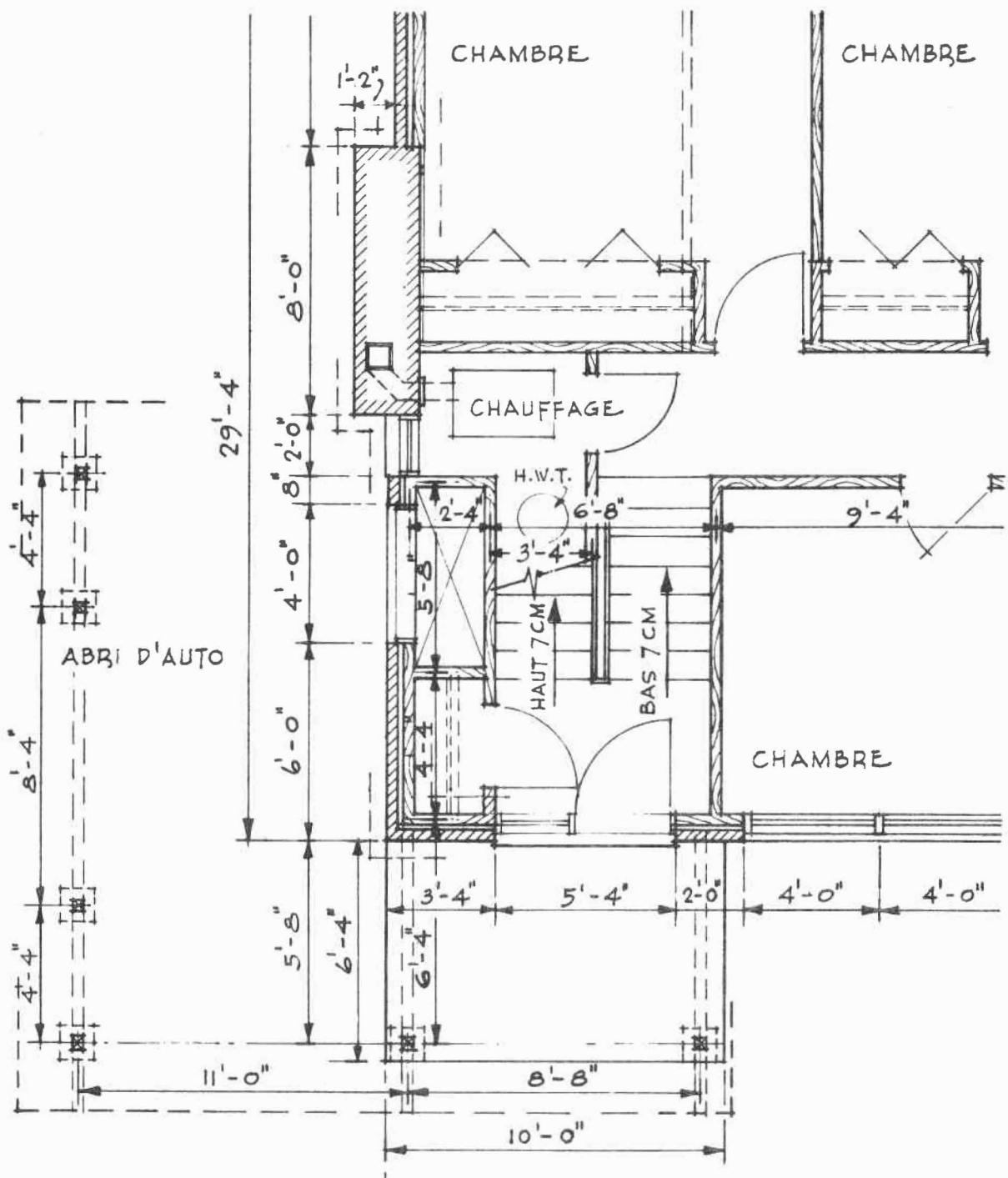


Figure 20. Plan partiel de la maison modulaire expérimentale.

LECTURE SUGGÉRÉE

- Architectural Graphic Standards*, 5th edition. G. G. Ramsey and H. R. Sleeper. John Wiley and Sons Inc., New York. Exemples de dimensions modulaires sur dessins de montage pour divers genres de constructions de murs, et détails d'éléments constitutants de portes et de fenêtres dans les murs de maçonnerie à pans de bois.
- Code for Modular Coordination in Building*. Canadian Standards Association. A31-1959, Ottawa. 13 p. \$1.00. Le texte complet de ce code, qui est partiellement réimprimé à l'Annexe A du présent Manuel, contient des renseignements pour l'application du système modulaire et l'établissement des dimensions des éléments constitutants modulaires.
- Coordination Modulaire dans le Bâtiment*. L'agence européenne de productivité de l'organisation européenne de co-opération économique, août 1956, 168 p. \$1.50, disponible aux organismes de distribution des publications des Nations-Unies. Un rapport de la première phase d'un projet entrepris par 11 pays européens où le Canada et les Etats-Unis étaient des observateurs, résumant les diverses théories sur la coordination dimensionnelle et établissant la terminologie. A la suite de ce rapport, la seconde phase du projet fut entreprise, veaux articles, et de dessins pertinents. Emission semestrielle aux membres où les participants ont bâti des constructions expérimentales.
- Modular Quarterly*. The Modular Society Limited, 22 Buckingham Street, London W.C.2, England. La seule publication courante affectée entièrement à l'avancement de l'information sur la coordination modulaire. Elle contient des ouvrages par des membres de la Société et du "International Modular Group", ainsi que des nouvelles de l'activité modulaire dans le monde entier. La souscription annuelle (4 numéros) franco, 18s. Pour être membre personnellement de la Société, y compris le "Quarterly and Modular catalogue", £3.3s par année.
- Modular Building Standards Association Reports*. The Modular Building Standards Association, 2029 K St. N.W., Washington, D.C. Compilation de nouveaux articles, et de dessins pertinents. Emission semestrielle aux membres de l'Association. Membre particulier, cotisation annuelle: actif — \$25.00, associé — \$15.00.
- Modular Coordination in Practice*. Un dossier de 4 discours à l'intention des architectes, des entrepreneurs et des fabricants. Réimprimé par le Conseil national de Recherches, division des Recherches en construction, août 1959. NRC No. 5343. Prix 50 cents.
- Modular Practice in Building*. Edited by R. P. Darlington with associate editors M. W. Isenberg and D. A. Pierce. John Wiley and Sons, Inc., New York. 200 p. Un sommaire graphique des meilleures pratiques d'établissement de dimensions modulaires aux Etats-Unis et au Canada. Prix approximatif \$10.00.

ANNEXE A - DÉFINITIONS

Réimprimé avec la permission de l'Association canadienne de normalisation (CSA) d'après la Norme A31-1959 de CSA.

1. *Dimension.* (Dimension)

1.1 L'expression signifie:

- (a) La mesure d'un corps dans une direction ou plus, e.g., hauteur, largeur ou longueur; et
- (b) La distance entre 2 lignes ou surfaces.

1.2 Une dimension est exprimée en termes d'une unité de mesure (pouces, pieds).

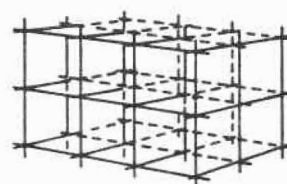
2. *Grandeur.* (Size) L'expression signifie les mesures d'un corps en termes de dimensions, d'aire ou de volume.

3. *Coordination dimensionnelle.* (Dimensional Coordination) L'expression signifie un agencement de dimensions qui permet d'employer les éléments constituants ensemble sans avoir à les modifier.

4. *Module.* (Module) L'expression signifie une dimension commode qui est employée avec un accroissement ou un coefficient.

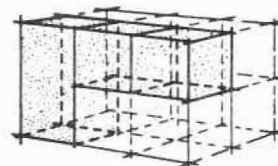
5. *Module normal.* (Standard Module) L'expression signifie un module ayant une dimension de 4 pouces.

6. *Réseau modulaire de référence.* (Reference Space Grid) L'expression signifie un système tridimensionnel de plans de référence.



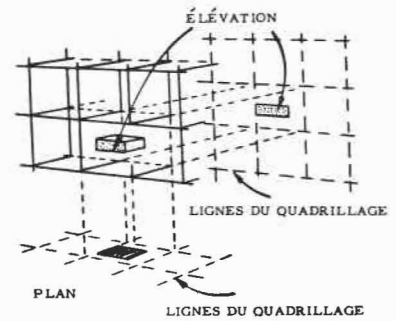
7. *Réseau modulaire normal.* (Standard Modular Space Grid) L'expression signifie un réseau modulaire de référence rectangulaire dont les plans sont espacés du module normal de 4 pouces.

8. *Coordination modulaire.* (Modular Coordination) L'expression signifie un système de coordination dimensionnelle employant le réseau modulaire normal de 4 pouces.



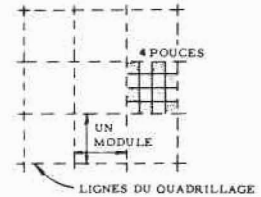
9. *Quadrillage de référence.* (Reference Grid) L'expression signifie:

- (a) Un quadrillage sur un plan de référence; ou
- (b) Un réseau de lignes de référence d'après lesquelles les mesures et la position desquelles les mesures et la position des éléments constituant de construction peuvent être déterminées.

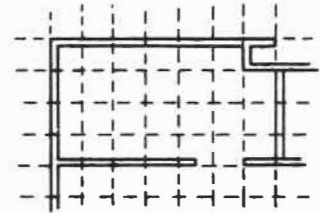


10. *Quadrillage modulaire normal.* (Standard Modular Grid) L'expression signifie un quadrillage de référence dans le système de référence modulaire normale de 4 pouces.

11. *Ligne de référence du quadrillage.* (Grid Line) L'expression signifie une ligne dans un quadrillage de référence.



12. *Quadrillage modulaire de projet.* (Planning Grid) L'expression signifie un quadrillage de référence employé dans la préparation des plans et des élévations de bâtiment. Le quadrillage est habituellement rectangulaire et de dimensions qui sont des multiples de 4 pouces. L'espacement des lignes de référence du quadrillage devrait être déterminé par la grandeur d'un élément constituant modulaire normal.



13. *Matériau amorphe.* (Material) L'expression signifie un matériau de construction qui n'a pas de forme géométrique définie (pulvérisé, granulé, fibre, liquide ou pâteux) tels que l'asphalte, le gravier, le ciment, la fibre de bois.

14. *Élément constituant* (Component) L'expression signifie un matériau de construction fabriqué suivant une forme pour laquelle certaines dimensions sont spécifiées; la forme peut être une section, un élément ou un assemblage.

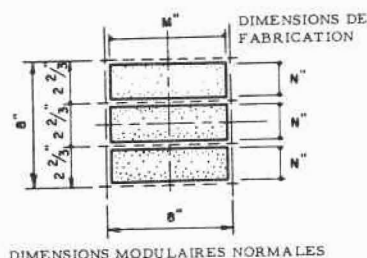
16. *Élément.* (Unit) L'expression signifie un matériau de construction fabriqué en un produit fini de dimensions spécifiques, e.g., bloc de béton, brique, bloc d'argile de charpente, bloc de verre.

15. *Section.* (Section) L'expression signifie un matériau de construction fabriqué en un produit à demi-achevé, habituellement par un procédé continu ayant une section définie et une longueur non spécifiée, e.g. produit laminé, étiré, refoulé ou scié telle que les profilés d'acier, les tubulures, les tuyaux, les madriers, les panneaux muraux, la broche et les câbles métalliques, les tôles et les plaques, le bois de sciage.

17. *Assemblage.* (Assembly) L'expression signifie un arrangement d'éléments et de sections de construction pour donner un tout, e.g., porte et cadre, fenêtre, armoires d'acier.

18. *Dimension de fabrication.* (Manufacture Dimension) L'expression signifie une dimension d'un élément constituant modulaire qui est la dimension donnée au catalogue du fabricant. Elle peut dévier dans des limites spécifiées en raison de facteurs incontrôlables dans la fabrication. La dimension de fabrication est établie sur un dessin en admettant que les déviations seront redressées par le joint tel qu'il est indiqué dans le détail modulaire.

1. Dimensions de fabrication
2. Dimensions modulaires normales



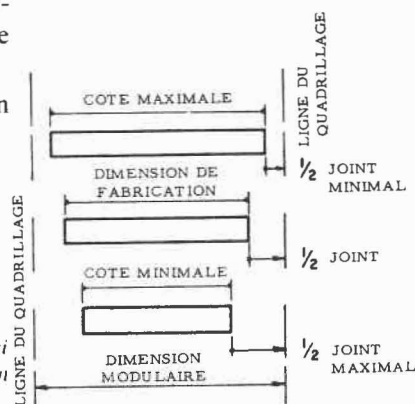
19. *Dimension modulaire normale.* (Standard Modular Dimension) L'expression signifie:

- (a) Une dimension qui est employée une fois ou plusieurs fois, est un multiple du module normal de 4 pouces; et
- (b) La somme d'une dimension de fabrication et d'un joint.

20. *Joint.* (Joint) L'expression signifie:

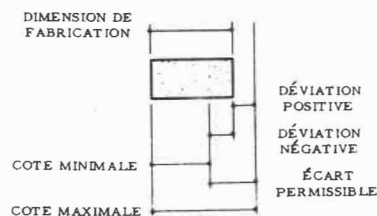
- (a) L'espace entre 2 éléments constitutants; et
- (b) Le matériau qui peut occuper un tel espace.

Remarque: Les dimensions maximales et minimales de joints qui sont désirables doivent être établies en conjonction avec les cotes maximales et minimales.



21. *Élément constituant modulaire normal.* (Standard Modular Component) L'expression signifie un élément constituant de bâtiment de dimensions régulières ou spécifiées qui, lorsqu'il est employé avec son joint, s'ajuste dans le réseau modulaire normal.

22. *Cote limite.* (Limit Dimensions) L'expression signifie la limite supérieure ou inférieure de la valeur permise (cote maximale ou cote minimale) pour une dimension effective, compte tenu de l'imprécision inévitable de fabrication.

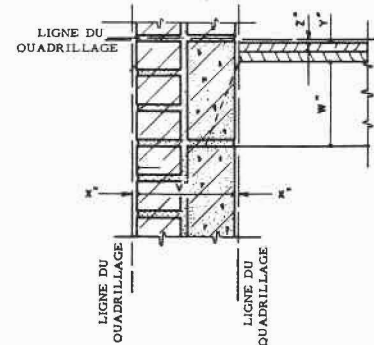


23. *Ecart permisible.* (Tolerance) L'expression signifie la différence entre la cote maximale permise et la cote minimale permise. Cette différence est toujours positive.

24. *Déviaton.* (Deviation) L'expression signifie la différence entre une dimension effective et la dimension de fabrication correspondante. Cette différence peut être positive, négative, ou zéro.

25. *Détail modulaire normal.* (Standard Modular Detail) L'expression signifie un dessin détaillé indiquant l'emplacement, les mesures et les dimensions d'un élément constituant particulier ou une combinaison de plusieurs éléments constitutants en rapport avec le quadrillage modulaire normal.

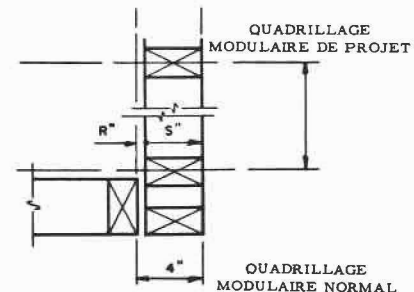
Remarque: Il est dessiné à une échelle qui n'est pas inférieure à $\frac{3}{4}$ pouce = 1 pied.



26. *Lignes de dimension modulaire normale.* (Standard Modular Dimension Lines) L'expression signifie:

- (a) Les lignes qui mesurent la distance entre les lignes du quadrillage; et
- (b) Les lignes qui mesurent la distance d'une ligne du quadrillage à la surface ou à un axe d'un élément constituant.

Les lignes du quadrillage ou des points sur les lignes du quadrillage sont marqués sur la ligne de dimension par une pointe de flèche. Les références qui ne sont pas sur les lignes du quadrillage sont marquées sur la ligne de dimension par un point.



27. *Dessin modulaire normal.* (Standard Modular Drawing) L'expression signifie:

- (a) Un dessin illustrant des détails modulaires;
- (b) Un dessin raccordant entre elles par unités de mesure (pieds, pouces) les lignes de référence du quadrillage employées dans les détails modulaires normaux; et
- (c) Un dessin employant des lignes de dimension modulaire normale.

