La coordination modulaire dans le bâtiment

Autor(en): **Joss, Heinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **91 (1965)**

Heft 8: **Foire de Bâle, 24 avril-4 mai 1965**

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-67654

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

19e année Lausanne, 17 avril 1965 N° 8

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre, arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION
D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua, architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires	»	» 33.—		
Prix du numéro	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux : « Bulletin technique de la Suisse romande », N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à : Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 385.—
1/2 »	» 200.—
1/4 »	» 102.—
1/8 »	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales

SOMMAIRE

La coordination modulaire dans le bâtiment, par Heinz Joss, architecte EPF/SIA.
Divers. — Bibliographie. — Documentation générale. — Documentation du bâtiment.
Foire suisse d'échantillons de Bâle. — Nouveautés : informations diverses.

LA COORDINATION MODULAIRE DANS LE BÂTIMENT [1]

par HEINZ JOSS, architecte EPF/SIA

Coordinations dimensionnelles

En publiant un rapport de Pierre Bussat sur la coordination modulaire dans le bâtiment [1], le *Centre d'études pour la rationalisation du bâtiment* a essayé pour la première fois de faire connaître aux milieux suisses de la construction la coordination dimensionnelle modulaire. On entend par coordination dimensionnelle une méthode permettant d'adapter et de coordonner systématiquement entre elles les dimensions aussi bien dans le projet que dans la production des éléments de construction et dans la construction elle-même. Des systèmes de coordination dimensionnelle existent depuis le début d'une construction organisée, mais elles ont selon les époques des bases différentes. On en peut distinguer trois : l'emploi prédominant d'un élément déterminé de dimensions données, la volonté créatrice et la mesure de rationalisation, voulue par la coordination des dimensions.

La brique, matériau obtenu industriellement depuis très longtemps, impose souvent ses dimensions aux autres éléments de la construction, elle influe ainsi les dimensions d'un bâtiment ou ses éléments fonctionnels. C'est ainsi qu'on classe chez nous les épaisseurs des murs en briques et demi-briques. De manière semblable, la natte japonaise imposa, grâce à ses multiples possibilités d'application, des dimensions aux autres éléments de la maison ; ceci se produisit d'une manière à tel point systématique que, par exemple, les dimensions des pièces sont caractérisées par le nombre de nattes nécessaires pour couvrir son plancher (fig. 1).

L'emploi de telles dimensions de base pour dimensionner les bâtiments et leurs éléments conduit souvent à des répétitions, à des rythmes et à des proportions esthétiques. On ne peut donc être surpris que déjà autrefois les constructeurs aient employé dans leurs projets des dimensions uniformes, même lorsque cela n'était pas du tout nécessité par la construction. L'emploi du quadrillage comme base d'un projet n'est donc pas une invention de notre temps ; on connaît les dessins d'anciens maîtres basés sur un tel quadrillage. Cette volonté créatrice conduisit à des coordinations dimensionnelles, parmi lesquelles la dernière est celle que nous connaissons le mieux, la théorie du « Modulor » de Le Corbusier [2, 3]. En se basant sur les dimensions du

[1] Clichés « Schweizerische Bauzeitung », Zurich.

corps humain et sur les proportions de la règle d'or, Le Corbusier a développé deux séries parallèles de dimensions qu'il emploie pour dimensionner des constructions, afin de satisfaire aux exigences fonctionnelles et esthétiques (fig. 2).

Avec le commencement de l'industrialisation dans la fabrication des éléments de construction, s'imposa enfin l'idée d'un dimensionnement coordonné des produits de différentes provenances. Mais elle ne put s'appliquer qu'à des domaines relativement restreints, soit aux normes dites industrielles (limitées à une maison industrielle déterminée), soit à des normes de branche (limitées à la partie principale d'une certaine branche). Une plus ample application ne peut être obtenue que grâce à une normalisation d'ordre supérieur, comme on l'applique aujourd'hui plus ou moins dans la plupart des pays industrialisés, presque toujours sur une base nationale officielle ou semi-officielle. Mais ici aussi l'idée d'un dimensionnement coordonné eut de la peine à se frayer un chemin. La normalisation se limita souvent à sanctionner ce qu'on employait déjà dans la branche, sans utiliser les possibilités ultérieures d'une normalisation à un niveau supérieur.

Ainsi le dimensionnement d'éléments de construction produits industriellement est resté presque exclusivement subordonné aux techniques de production ou aux conditions du marché. Aujourd'hui les éléments de construction fabriqués industriellement ne s'adaptent presque jamais à ceux d'une autre provenance, et c'est à l'habileté des architectes qu'il incombe de compenser cette carence par des choix adéquats et des combinaisons adroites. Nous savons que cela n'est possible que grâce à des fabrications spéciales ou à des adaptations. C'était encore admissible dans le passé, quand les éléments produits industriellement intervenaient dans le bâtiment en proportion relativement restreinte ; mais les prix élevés actuels et le manque de main-d'œuvre demandent l'intensification de l'industrialisation et de la rationalisation. C'est ici que la normalisation, en se basant sur un système de coordination dimensionnelle, se présente comme une mesure adéquate ; elle rend possible non seulement un emploi plus ample d'éléments de construction en série, mais encore un important accroissement de leur fabrication industrielle, faisant coïncider les dimensions entre les éléments offerts et demandés.

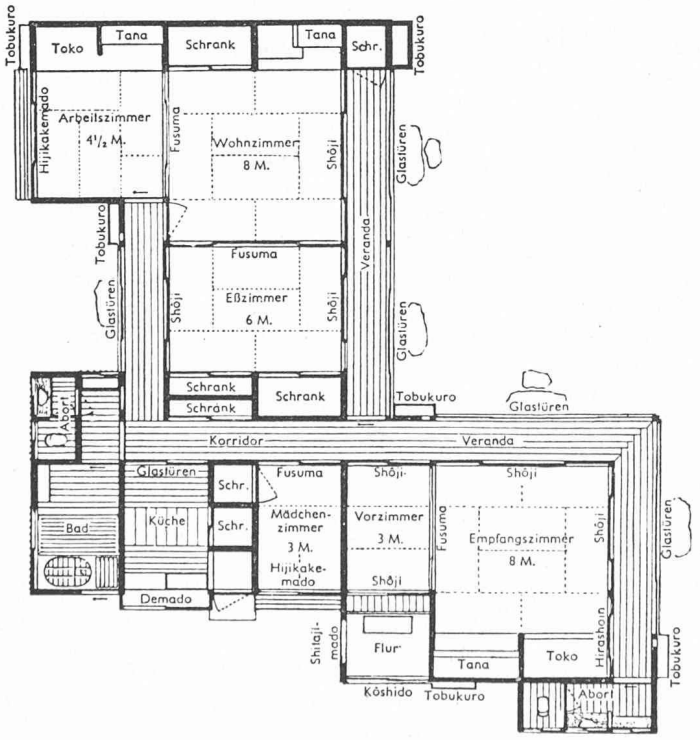


Fig. 1. — Plan d'une maison japonaise ; l'unité dimensionnelle est la natte (désignée ici par M.) qui couvre les planchers et dont le nombre caractérise les dimensions de la pièce.
Selon NEUFERT : BOL [4].

Le professeur Neufert a été l'un des premiers à s'occuper d'une coordination dimensionnelle dans le sens moderne de la rationalisation et de l'industrialisation. Il exprima ses idées dans son ouvrage « Bauordnungslehre » (BOL = Théorie de coordination constructive) qui parut pour la première fois en 1943 [4]. Dans cette publication il proposait un système de mesures, appelé *Système octamétrique*, basé sur l'unité de base de 12,5 cm ($^1/_8$ de mètre) et qui se développe par la division répétée du mètre par deux. En 1950, cette théorie connut un nouvel essor lorsque l'Allemagne adopta dans la norme DIN 4172 le système octamétrique comme base du dimensionnement du gros œuvre. Mais le système octamétrique ne fut guère capable de s'imposer en dehors de l'Allemagne. Même si dans différents pays certaines industries, faute de normes nationales dans ce domaine, adaptèrent leurs produits aux normes DIN, l'application du système octamétrique eut hors d'Allemagne un caractère trop sporadique pour apporter les avantages d'un système de coordination dimensionnelle (fig. 3).

Des réflexions analogues conduisirent en 1951 sur le plan international à charger une commission d'établir un système de dimensionnement qui devait être la base commune de la normalisation dans les différents pays associés. La commission en question faisait partie de l'« Agence européenne de productivité » (AEP), dépendant de l'« Organisation européenne de coordination économique » (OECE, aujourd'hui OECD). Onze pays européens ont contribué à ce programme. Ce sont : l'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, la France, la Grèce, la Hollande, l'Italie, la Norvège et la Suède. Les Etats-Unis et le Canada déléguèrent des observateurs chargés de suivre le développement des travaux. Les premiers résultats furent publiés en 1956 dans un rapport [5], qui développait sur la base de l'unité de mesure de 10 cm la théorie d'un système appelé « Coordination modulaire ». En 1961 apparut le deuxième rapport de l'AEP/OECE, qui pouvait déjà apporter des informations sur une série d'expériences pratiques en différents pays [6].

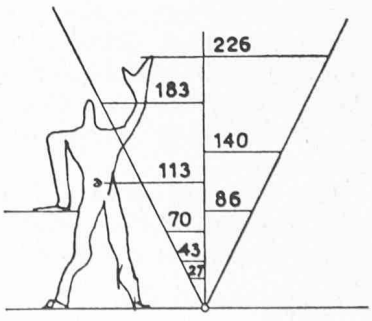


Fig. 2. — Modulor de Le Corbusier : à gauche, quelques dimensions de la série rouge, à droite de la série bleue.
D'après LE CORBUSIER : *Le Modulor* [2].

C'est à ce moment-là que prirent fin les travaux de cette commission de l'AEP, dont les membres formèrent plus tard l'*International Modular Group (IMG)* pour continuer ensemble l'étude des problèmes de ce système de coordination. Simultanément les études s'étendirent au-delà de la limite, jusqu'alors restreinte, de l'Europe occidentale, actuellement la plupart des pays d'Europe y sont représentés de même que les Etats-Unis, le Canada et le Japon. Depuis un certain temps l'IMG a adhéré au « Conseil international du bâtiment » (CIB), comme section de travail, profitant ainsi de l'aide importante offerte par cette organisation. Déjà en 1955 l'*Union internationale des architectes (UIA)* avait recommandé dans une résolution de son congrès de Lisbonne l'adoption du module de 10 cm. *L'Organisation internationale de standardisation (ISO)*, association coiffant les organismes nationaux de normalisation, a également accepté en 1957 ce module en le recommandant ainsi aux instances officielles nationales de normalisation. Avec le temps la coordination dimensionnelle avec l'unité de mesure de M = 10 cm (M = 4″ dans les pays anglo-saxons) a été adoptée par les pays suivants (ordre chronologique) : France, Etats-Unis, Finlande, Belgique, Italie, Allemagne (à côté du système octamétrique), Pologne, Suède, Norvège, URSS, Roumanie, Portugal, Autriche, Danemark, Canada, Tchécoslovaquie et Hollande. D'autres pays sont en train de s'y préparer. Ainsi la coordination modulaire s'introduit logiquement par le chemin de la normalisation.

En *Suisse*, le Centre d'études pour la rationalisation du bâtiment a fait de la normalisation sa tâche principale. A cet effet, il a entrepris des études sur le problème de la coordination dimensionnelle, arrivant à la conclusion que la solution la plus prometteuse consiste à adopter le système modulaire. La Suisse n'ayant participé ni aux travaux effectués dans le cadre de l'AEP/OECE, ni — si ce n'est tout récemment — à ceux de l'IMG, les résultats de ces travaux sont peu connus dans notre pays. C'est pourquoi le Centre d'études chargea l'architecte Pierre Bussat d'étudier l'état des travaux dans ce domaine et de rédiger un rapport à ce sujet. Vu l'absence d'ouvrage important sur la théorie de la coordination modulaire, principalement en langue allemande, ce rapport a été publié, sous forme d'un ouvrage illustré, par le Centre d'études [1]. Le but de ce livre est d'éveiller l'intérêt pour l'idée et les principes de la coordination modulaire en les faisant connaître. En outre — tâche beaucoup plus ample et difficile — le Centre d'études souhaite obtenir, grâce à son travail de normalisation, que les constructeurs des articles en vente sur le marché adoptent toujours davantage les dimensions modulaires. Il se voue à cette tâche en étroite collaboration avec les milieux intéressés, pour leur garantir à tous le meilleur résultat possible. Il est évident que les études à poursuivre, la publication et la distribution des normes, ainsi que les changements à apporter dans la production industrielle prendront beaucoup de temps. C'est pourquoi on ne peut espérer de résultats pratiques avant quelques années.

La théorie de la coordination modulaire

La coordination modulaire conçue comme une mesure moderne de rationalisation, procure de nombreux avantages. L'emploi systématique d'un module de dimensionnement rend possible une *réduction de la variété des produits* en la remplaçant par un choix judicieux. En même temps, on obtient ainsi le libre choix des éléments de construction, la possibilité de les *combiner*, de les *additionner*, de les *interchanger*, ainsi que, finalement, de les *assembler directement* au chantier.

La limitation de la variété dans la production d'éléments de construction résulte également du fait qu'on n'a plus besoin de tenir compte de l'infinité des dimensions possibles répondant à une fonction donnée, mais seulement des cotes modulaires, c'est-à-dire des multiples du module M = 10 cm ($n \times M$). On peut même souvent procéder à un choix ultérieur entre ces cotes modulaires. Le libre choix est garanti par le fait que les produits de provenance différente sont dotés de cotes de connexion égales et peuvent ainsi être encore choisis après l'établissement du projet. La combinaison permet,

Dimensions préférentielles pour les cotes du gros œuvre				Dimensions préférentielles pour les cotes individuelles
a	b	c	d	e
25	**25/2**	25/3	25/4	**25/10 = 5/2**
				2,5
			6 1/4	**5**
		8 1/3		**7,5**
				10
	12 1/2		12 1/2	**12,5**
		16 2/3		**15**
			18 3/4	**17,5**
				20
				22,5
25	**25**	25	25	**25**
				27,5
			31 1/4	**30**
		33 1/3		**32,5**
	37 1/2			**35**
			37 1/2	**37,5**
		41 2/3		**40**
			43 3/4	**42,5**
				45
				47,5
50	**50**	50	50	**50**
				52,5
			56 1/4	**55**
		58 1/3		**57,5**
	62 1/2			**60**
			62 1/2	**62,5**
		66 2/3		**65**
			68 3/4	**67,5**
				70
				72,5
75	**75**	75	75	**75**
				77,5
			81 1/4	**80**
		83 1/3		**82,5**
	87 1/2			**85**
			87 1/2	**87,5**
		91 2/3		**90**
			93 3/4	**92,5**
				95
				97,5
100	**100**	100	100	**100**

Fig. 3. — Chiffres octamétriques pour la normalisation du bâtiment selon DIN 4172, « Massordnung im Hochbau » (Coordination dimensionnelle dans le bâtiment).

grâce aux dimensions coordonnées, d'employer ensemble des éléments d'origines différentes. Par *additivité* on entend la possibilité d'obtenir n'importe quelle cote totale en assemblant des éléments de cote égale ou un nombre limité d'éléments différents. On peut, par exemple, obtenir toutes les cotes $(n \times M)$ supérieures à 7 M en additionnant uniquement des éléments de 3 M et de 5 M. Le degré d'*interchangeabilité* est défini par le nombre des différentes sortes de combinaisons qu'on peut obtenir avec un nombre d'éléments dans un espace déterminé. L'additivité et l'interchangeabilité permettent d'une part d'obtenir avec une série limitée de types la plus grande variété de résultats, d'autre part d'atteindre le même résultat moyennant autant de genres de combinaisons que possible. Le degré d'additivité et d'interchangeabilité augmente en choisissant habilement les dimensions modulaires de production et constitue donc une préoccupation du « normalisateur ». *L'assemblage direct* est enfin garanti par l'application d'un module commun dans le projet, dans la production des éléments et dans l'exécution de l'œuvre, sous réserve du problème des tolérances ; chaque élément de construction peut être assemblé dans l'état où il est fourni par la fabrique et cela sans le contrôle usuel préalable des cotes et, de même, sans les usuels travaux postérieurs de retouche.

Le procédé employé est en principe très simple : représentons-nous que les travaux du projet et de la construction sont exécutés sur un quadrillage idéal de 10 cm de maille.* Chaque élément de construction reçoit dans ce quadrillage sa place déterminée. Ainsi il occupe soit une maille du quadrillage, soit plusieurs mailles s'il s'agit d'un élément de plus grande dimension. A cela s'ajoute la condition qu'aucun élément de construction ne dépasse les limites de la maille ou des mailles qu'on lui attribue. On évite ainsi qu'en cas de fabrication défectueuse ou d'assemblage inexact, un élément de construction réduise l'espace réservé à un autre, rendant difficile le montage ou même l'empêchant. En même temps on évite l'accumulation d'erreurs, puisque le quadrillage modulaire ne détermine pas seulement les dimensions des éléments mais leur assigne aussi leur place exacte d'assemblage.

Même si l'idée de base du quadrillage modulaire est extrêmement simple, sa réalisation est accompagnée de certaines exigences importantes. En premier lieu il est nécessaire, chose jusqu'à présent inconnue dans la construction, de tenir compte et de limiter les *tolérances de fabrication ;* en plus il faut s'occuper aussi des *tolérances d'assemblage.* De ces deux valeurs résultent les différences qui peuvent se présenter dans le *jeu d'assemblage* de l'élément de construction en question, différences qui doivent se maintenir dans les limites acceptables. Considérant les différences notables qui apparaissent dans la construction moderne, on devra soit développer des procédés nouveaux, soit, lorsque cela n'est pas possible, introduire des pièces spéciales pour compenser les différences trop grandes (fig. 4).

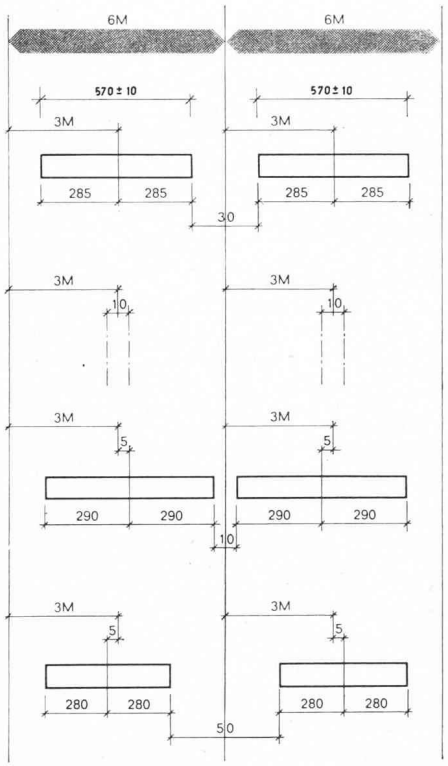
De ce qui précède il résulte que les cotes des éléments de construction doivent être des multiples de 10 cm, c'est-à-dire du module. Mais cette exigence ne concerne que ce qu'on appelle les *dimensions coordonnées générales* d'un élément de construction. On désigne comme telles les dimensions déterminantes pour l'assemblage d'un élément avec d'autres non spécialement déterminés ; en revanche, les cotes coordonnées déterminantes pour la combinaison avec un élément unique et bien déterminé, appelées *dimensions coordonnées spéciales*, ainsi que celles appelées *dimensions indépendantes*, peuvent toujours être choisies librement selon les aspects de la technique de construction, du matériel, de la fabrication ou de l'esthétique. Comme nous l'avons dit, les cotes coordonnées générales sont choisies dans la gamme des cotes modulaires $n \times M$ et cela selon les critères de la fonction, de la production, de l'emmagasinage, du transport et de la théorie des combinaisons. De la cote modulaire ainsi obtenue, il faut faire dériver la cote effective de fabrication, exprimée par la cote nominale et la tolérance de fabrication (par exemple 570 ± 10). La cote de fabrication diffère de la cote modulaire autant que cela est nécessaire pour obtenir un assemblage convenable en tenant compte des tolérances praticables (fig. 5).

Si l'on pense à tous les différents matériaux employés dans le bâtiment et aux procédés de fabrication et de montage si différents, on voit clairement qu'on ne peut pas établir de règles pratiques générales pour le dimensionnement ; les cotes doivent être déterminées individuellement pour chaque élément de construction en tenant compte de tous les facteurs en cause.

Une coordination dimensionnelle parfaite aurait pour condition que tous les éléments de construction individuels comme l'ensemble du gros œuvre et les travaux d'achèvement, avec toutes leurs installations et dispositifs soient modulaires. Mais il n'y a pas de règle sans exception : pour certains éléments, 10 cm sont trop grands comme unité d'accroissement (petits éléments) ; dans ce cas, on emploie des *cotes submodulaires.* Ce sont des fractions simples du module et leurs multiples, de préférence $^1/_4$, $^1/_2$ et $^3/_4$ M. Cette limitation permet en général de revenir au module de base par le moyen de l'addition. Mais l'emploi de cotes submodulaires ne signifie pas l'introduction d'un module de base de $^1/_2$ ou $^1/_4$ M. Le module de 10 cm reste le plus petit module de plan admissible. Cette règle est impérative si on ne veut pas compromettre les avantages de la coordination modulaire.

Pour beaucoup d'éléments il ne serait pas économique d'adopter pour la production toutes les dimensions modulaires possibles compatibles avec la fonction ; il faudra procéder à une sélection plus sévère. S'il s'agit d'éléments qu'on pourrait appeler éléments additifs, ne formant un élément fonctionnel qu'en combinaison avec d'autres éléments du même genre, comme par exemple des moellons ou des plots de construction, on peut recourir à deux procédés pour limiter le nombre des types : selon la méthode des nombres pairs et triples, on choisit deux ou trois cotes peu différentes et par leur combinaison on peut obtenir toutes les cotes modulaires supérieures à un minimum donné, par exemple comme on l'a déjà dit, toutes les cotes modulaires supérieures à 5 M en combinant 3 M et 4 M. La deuxième méthode atteint le même but, en prévoyant à côté d'une ou de plusieurs cotes principales une pièce de complément

* Pour simplifier, on parle ici d'un quadrillage en plan qui peut être facilement superposé aux dessins. Mais en réalité il s'agit d'un quadrillage stéréométrique, parce que le module est appliqué dans les trois dimensions.



Cote modulaire

Cote de fabrication

Eléments de grandeur normale et en position normale
Jeu normal = 30 mm

Tolérance d'assemblage = 10 mm

Eléments assemblés de grandeur maximale rapprochés au maximum les uns aux autres
Jeu minimal = 10 mm

Eléments de construction montés, de dimensions minimales et écartés les uns des autres au maximum
Jeu maximal = 50 mm

Fig. 4. — Tolérances de fabrication et d'assemblage et leur influence sur le jeu d'assemblage (joint). Pour rendre le dessin plus clair, les chiffres sont choisis arbitrairement et les proportions exagérées. D'après Bussat : *Coordination modulaire* [1].

d'un module ou de quelques modules qui permette de compléter. Mais si, au contraire, il s'agit d'éléments appelés individuels, qui forment déjà pour eux-mêmes un élément fonctionnel ou qui ont au moins dans une direction la même dimension que l'élément fonctionnel qu'ils doivent former (par exemple des éléments de paroi de la hauteur de la pièce ou des éléments de dalle), alors ces procédés ne sont pas applicables. Les éléments individuels doivent être produits dans toutes les dimensions modulaires qu'on veut obtenir. Mais, pour pouvoir en certains cas faire ici aussi un choix ultérieur entre les dimensions modulaires, on a introduit, en se basant sur des investigations et des expériences pratiques, un *multimodule* de 3 M et, dans les cas où le choix doit être poussé encore plus loin, de 6 M. Dans certaines situations, comme par exemple lors de la construction de grandes nefs industrielles, on devra songer à introduire des modules encore plus grands. Dans les milieux internationaux compétents on ne s'est pas encore mis d'accord sur le choix correspondant ; cependant il est déjà sûr qu'à leur tour ces multimodules devront être des multiples de 3 ou de 6 M. Tous ces multimodules sont employés seulement en direction horizontale. Des multimodules pour les dimensions verticales sont en discussion depuis un certain temps, mais pour le moment aucune solution n'a pu être donnée à ce problème. Au Danemark seulement on emploie un module vertical de 2 M.

Comme exemple d'emploi de multimodules on peut utiliser le système danois de préfabrication Jespersen, qui dimensionne les éléments portants avec une gradation de 3 M dans une direction et de 6 ou 12 M dans l'autre. Le projet s'établit donc sur un quadrillage de 30×120 cm quant au système porteur. Pour les parties non porteuses et les remplissages, on superpose

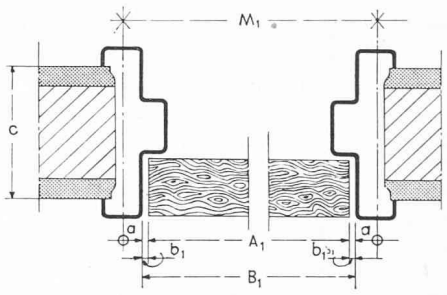


Fig. 5. — Cotes coordonnées illustrées par l'exemple d'une porte modulée avec châssis d'acier, étudiée pour le deuxième programme expérimental de la Communauté européenne du charbon et de l'acier : M_1 est une cote coordonnée générale, intéressant l'adaptation du cadre à n'importe quel autre élément de construction non déterminé. A_1/B_1 sont en revanche des cotes coordonnées, n'intéressant que l'assemblage entre deux éléments déterminés et connus, c'est-à-dire l'adaptation mutuelle du cadre et du battant de la porte.

à ce quadrillage le quadrillage normal de 10×10 cm, revenant ainsi au module de base une fois que le choix restreint n'est plus nécessaire.

Avec ce procédé, la maison Jespersen obtient d'un côté une limitation décisive du nombre des types d'éléments de parois et de dalles préfabriqués, tandis que d'autre part la grande liberté offerte par le module de base reste intacte pour le projet de détail et d'achèvement. Grâce à cela, la maison Jespersen est en mesure de donner par son catalogue d'éléments, satisfaction aux différentes exigences sans devoir recourir à des fabrications spéciales ou à des plans standardisés (fig. 6).

Même si un jour les éléments de construction doivent avoir presque tous les dimensions modulaires, les ouvrages tout-modulaires constitueront probablement

l'exception. La plupart des ouvrages seront constitués — et ceci à un plus haut degré encore pour la période transitoire d'introduction de la coordination modulaire — par une *combinaison de différentes proportions entre éléments modulaires et non modulaires*. Dans ce cas il sera nécessaire d'adapter au moment du projet les parties modulaires à celles qui ne le sont pas. On peut obtenir cette adaptation de différentes façons : dans chaque cas individuel on doit choisir la méthode qui permet la meilleure utilisation possible des avantages offerts par la coordination dimensionnelle. Expliquons ceci avec l'exemple des épaisseurs de paroi : il est presque impossible de les adapter au module, la gradation des cotes étant trop grande pour satisfaire aux conditions statiques et économiques. Il faudra donc s'attendre à ce qu'on applique encore toujours des parois non modulaires. Selon le genre de construction désiré et des éléments qui interviendront, une paroi pourra être centrée exactement sur une ligne de quadrillage, ce qui donnera des pièces non modulaires. Mais la paroi peut aussi être placée en faisant coïncider une de ses surfaces avec la ligne de quadrillage et il résultera une situation modulaire d'un côté mais pas de l'autre. Comme troisième solution on peut aussi penser à interrompre simplement le quadrillage, introduisant une zone neutre qui se chargera de la différence entre l'épaisseur de la paroi et la cote modulaire, ce qui permet d'obtenir une pièce modulaire de chaque côté de la paroi intermédiaire. On devra réfléchir et décider de cas en cas laquelle des trois solutions conviendra le mieux.

Encourager l'idée

L'exemple précédent montre comment les avantages de la coordination modulaire ne peuvent se réaliser que si l'offre d'éléments de construction modulaires est suffisante. Mais il faut en même temps que du côté projet on fasse tout pour en utiliser les possibilités. C'est ainsi que, dans différents pays, on ne se limite pas à favoriser la normalisation sur la base modulaire. En Angleterre, par exemple, les éléments de construction modulaires sont marqués par un signe spécial et notés dans un catalogue de constructions modulaires pour donner à celui qui projette l'outillage nécessaire. Mais dans beaucoup d'endroits on fit également de grands efforts pour orienter architectes et techniciens sur les méthodes de projet et d'exécution modulaire. Pendant qu'aux Etats-Unis les écoles techniques supérieures et moyennes ont inclus la construction modulaire dans leur programme d'études, au Canada les organes chargés de la recherche dans le domaine du bâtiment publient des

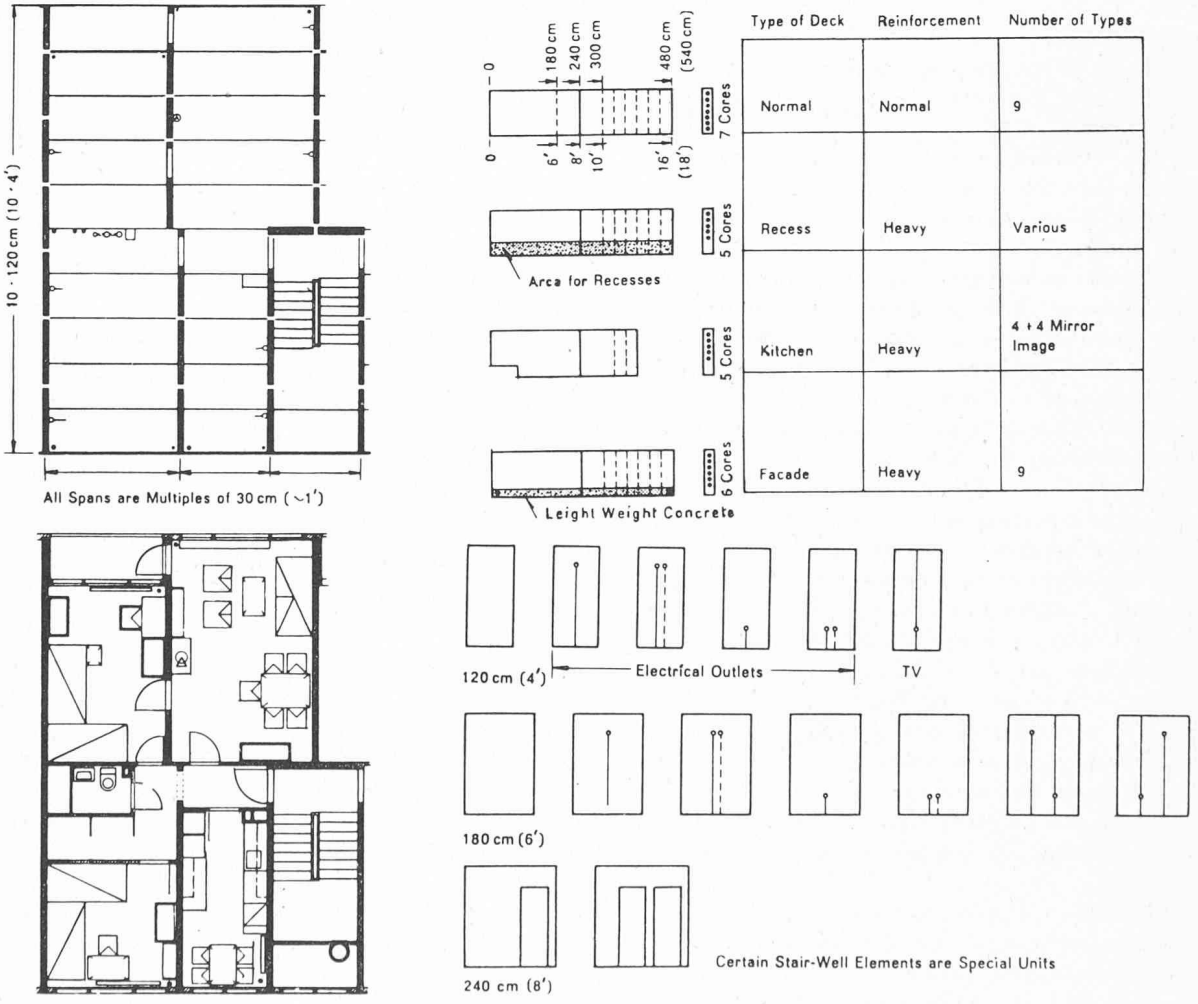


Fig. 6. — Préfabrication d'éléments modulaires d'après le système Jespersen. A gauche, exemple d'un plan sur quadrillage de projet de 30×120 cm pour le gros œuvre et de 10×10 cm pour l'achèvement. A droite, le catalogue des éléments de la maison Jespersen : un nombre limité d'éléments modulaires typifiés (en haut, éléments de dalle ; en bas, de paroi) donne une ample liberté de disposition en plan.

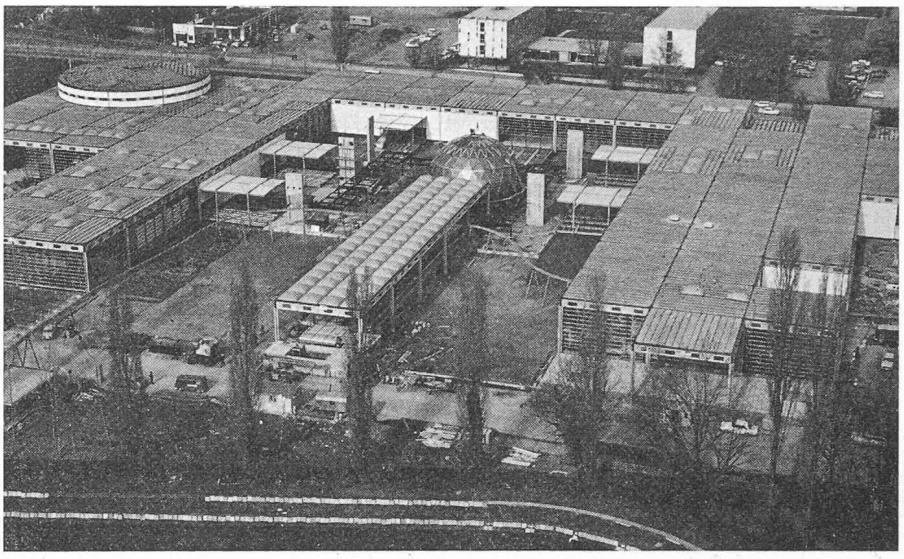
manuels de directives et, en Angleterre de nouveau, une revue d'architecture publie un supplément relatif à la construction modulaire alors qu'une autre y est entièrement consacrée. Grâce à ces efforts, on commence à rencontrer un certain succès, bien que le programme complet ne puisse être réalisé avant des années.

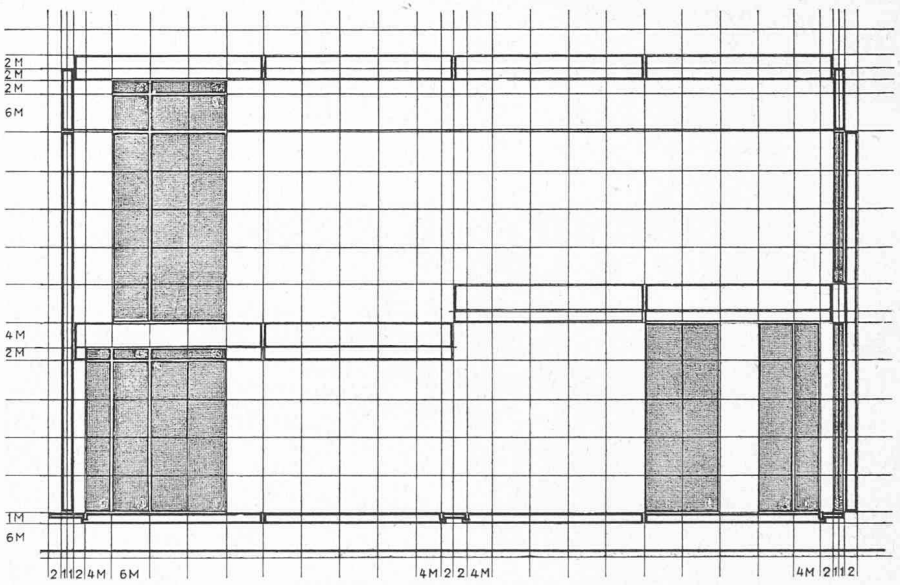
Les avantages essentiels que les hommes de métier attendent d'une coordination modulaire peuvent être appréciés du fait que l'Etat danois soumet depuis le printemps 1964 la concession de subventions à la condition que les maisons d'habitation soient exécutées sur base modulaire. Il va sans dire qu'avec l'insuffisance actuelle d'offres d'éléments de construction modulaires on ne peut pas compter sur une diminution des prix de revient de la construction ; mais on se promet par cette disposition légale une telle accélération du développement de la construction modulaire et de l'adaptation de la production au système modulaire qu'on est disposé à accepter les inconvénients du début.

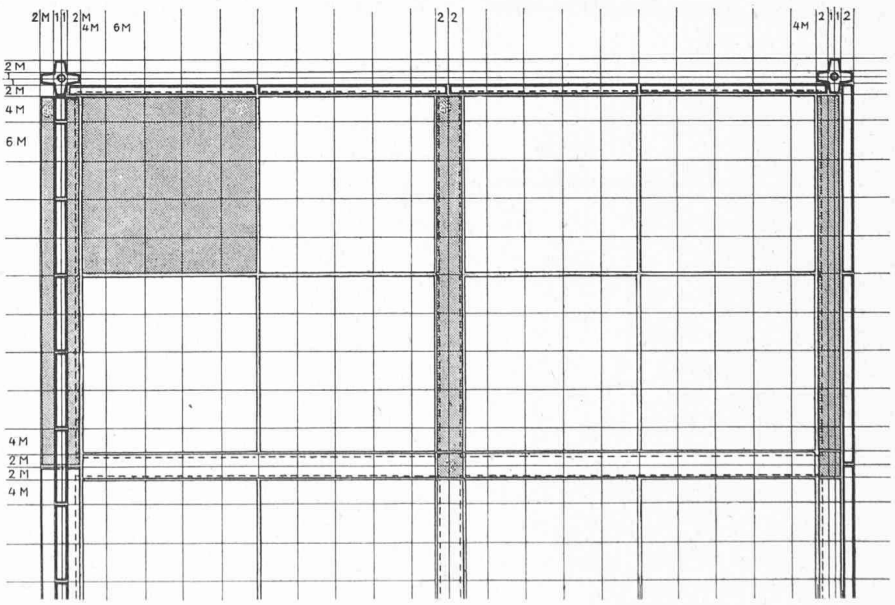
Dans les pays de l'est la situation est plus favorable à l'introduction de la construction modulaire parce qu'il est plus facile aux autorités responsables d'imposer une décision obligatoire.

Ainsi la construction modulaire est-elle bien connue dans ces pays, au point de pouvoir être considérée comme normale. La plupart des Etats occidentaux doivent parcourir un

(Suite page 115)



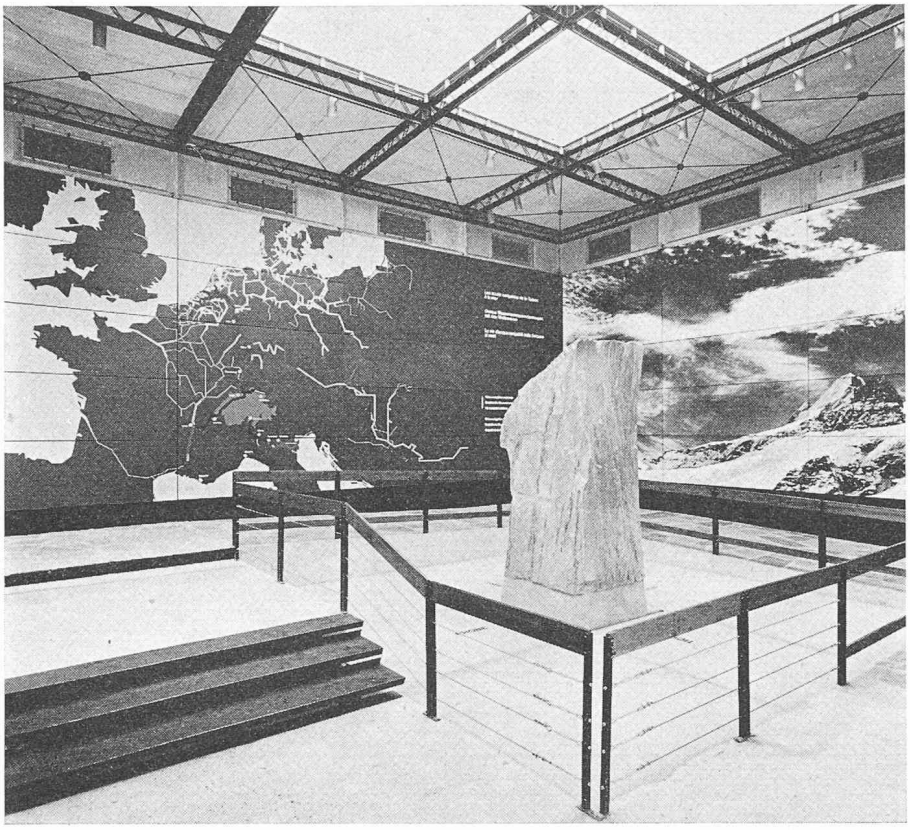




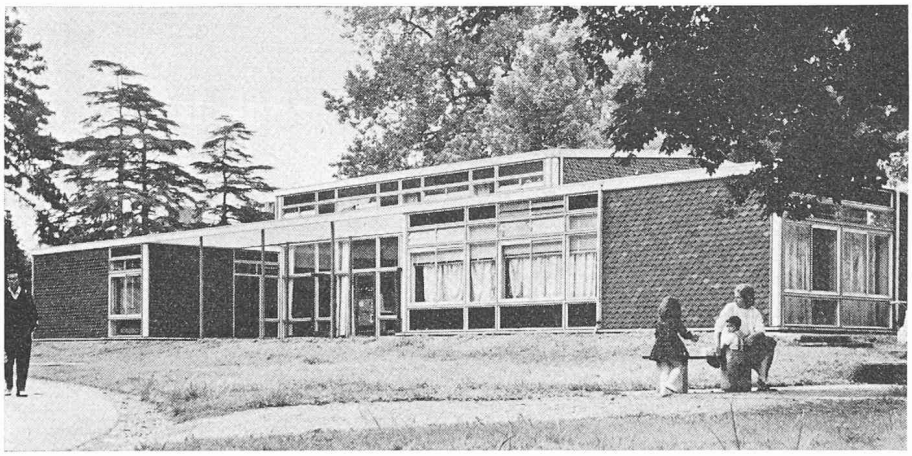
Secteur 3,
« Communictations et transports », à l'EXPO, Lausanne 1964

Team Jean Duret, architecte, Genève.

Le projet du secteur se fit sur une base modulaire avec un quadrillage en plan de 120 M × 120M, qui découla de l'équidistance entre appuis. Pour le plan de détail, on lui superpose un réseau de 2 M × 2 M. Le dimensionnement systématique par cotes modulaires a eu, d'après ce qu'en disent les architectes, un résultat très positif, une fois vaincues certaines difficultés de démarrage.

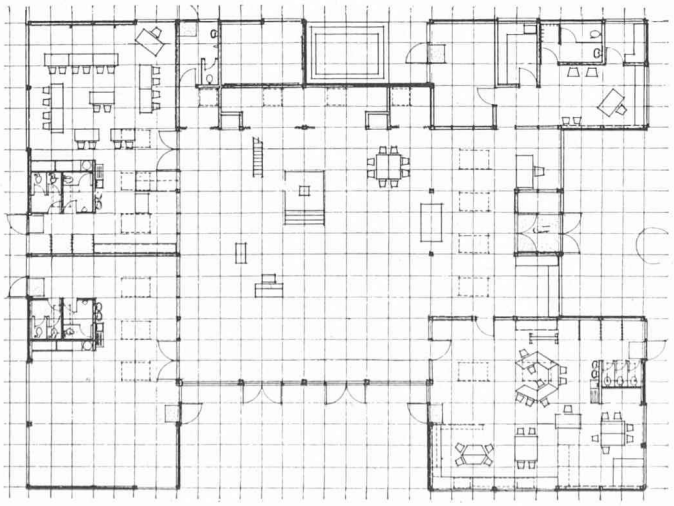


« Communications et transports », Expo 64.

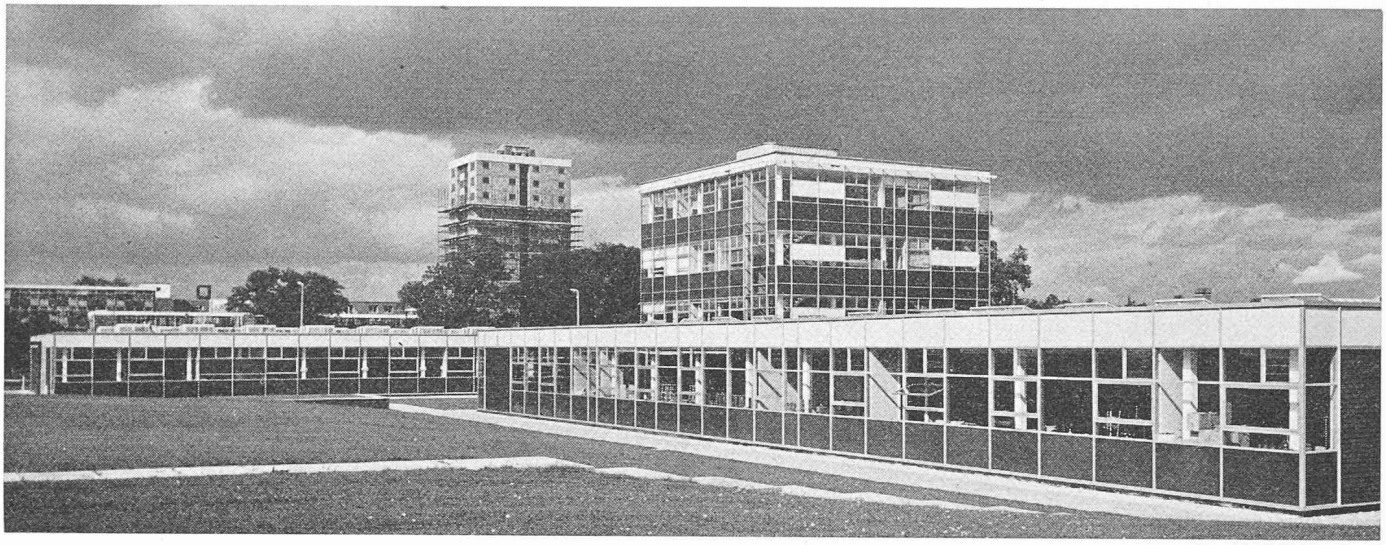


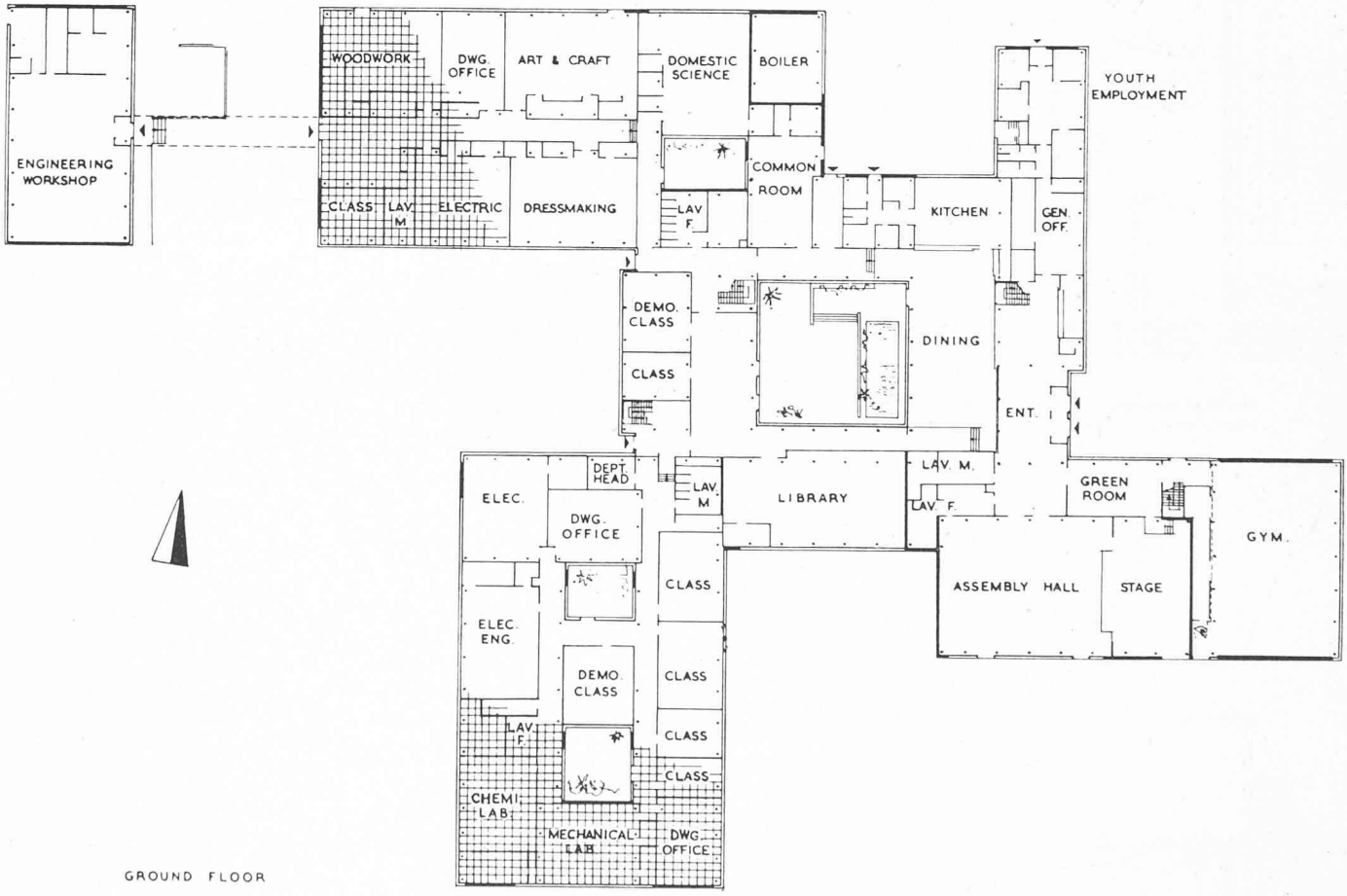
Pavillon scolaire CLASP à la 12e Triennale de Milan

Architecte : W. D. Lacey, CBE, ARIBA, AMTPI, County Architect, Nottingham.



CLASP = « Consortium of Local Authorities' Special Programme », Angleterre, est l'association de neuf autorités locales et d'une gouvernementale ayant pour but de projeter et de construire conjointement toutes les écoles. Le résultat de cette collaboration est un système de construction d'écoles sur base modulaire (quadrillage de plan 10 M×10 M), à l'aide duquel furent construites en trois ans 100 écoles et autres édifices. Une de ces écoles fut édifiée en 1960 à la Triennale, consacrée à la construction d'appartements et d'écoles ; l'école CLASP est aujourd'hui en service. On construit actuellement avec le système CLASP pour 4,5 millions de livres sterling par année. Cette forme de collaboration permet de répartir les frais de recherche et d'étude sur une plus grande production et offre en même temps des possibilités meilleures pour l'édification en série, avec l'économie qui en résulte.





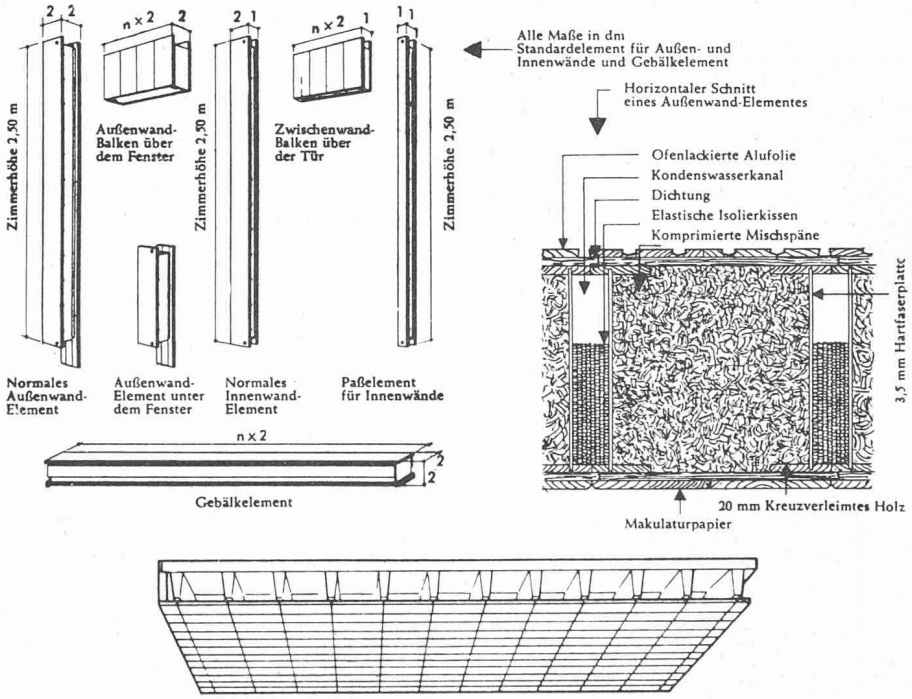
GROUND FLOOR

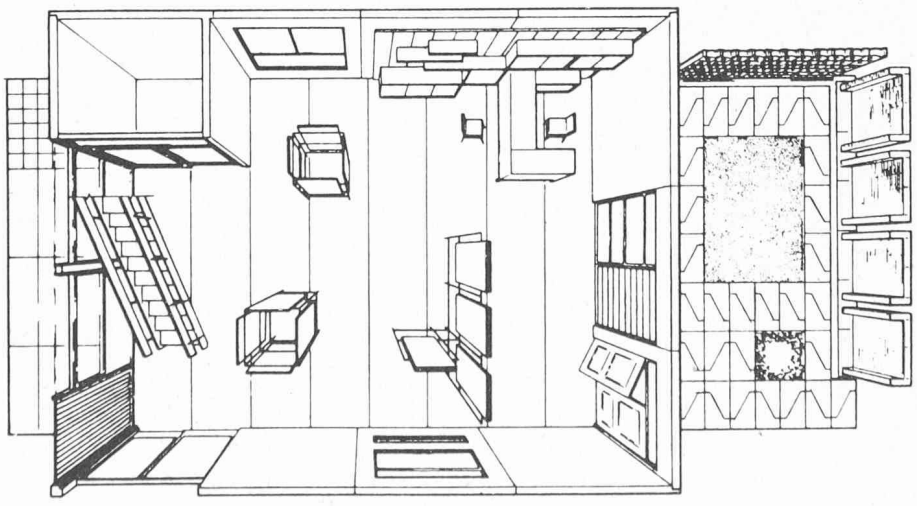
Lycée Stevenage pour formation supérieure
Architecte : Hertfordshire County Council Architect's Department, sous la direction du County Architect G. C. Fardell, MBE, ARIBA.
Cet édifice scolaire fut réalisé sur base modulaire. Des expériences antérieures avaient conduit à substituer le quadrillage de 8 M à celui de 10 M.



Villa préfabriquée
de la maison Elementhus S.A.,
Suède

Ces maisons en bois, système Elementhus, sont basées sur un quadrillage de projet de 2 M × 2 M. Les éléments des parois ont la hauteur des pièces, les éléments de plafond ont des longueurs de $n \times 2$ M. Ces éléments sont fournis en paquets ; une maison de 75 m² de surface en plan est contenue dans quatre paquets. Grâce au petit quadrillage, peu d'éléments suffisent à obtenir la plus grande variété de disposition en plan : le catalogue montre à lui seul 134 types de villas.





Exposition de systèmes de construction industrialisés et de leurs éléments
Londres, 1964.

Le pavillon de la « Modular Society » (Société modulaire), Londres, est composé d'éléments modulaires provenant de 43 fabricants différents pour illustrer les possibilités de la coordination dimensionnelle.

chemin plus difficile, le chemin de la persuasion individuelle, de la discussion, de l'obstacle à vaincre pour faire triompher pratiquement une méthode qui, pour le moment, n'est qu'en partie théorique puisqu'elle a accumulé pratique et expériences.

La construction modulaire n'apporte pas seulement des avantages vis-à-vis de la construction traditionnelle ; dans la préfabrication, la construction modulaire ouvre aussi le chemin à de nouvelles possibilités. Il est vrai que la préfabrication dans les systèmes appelés fermés n'a pas besoin — en tout cas pour le gros œuvre — d'une coordination au niveau supérieur ; dans celle-ci on obtient l'adaptation dans chaque cas, puisque toutes les parties proviennent de la même source de production. Mais si on se représente une préfabrication ouverte, avec des éléments différents fournis par des usines diverses, de nouvelles possibilités se présentent ; d'une part les différentes usines peuvent se consacrer à un petit nombre d'éléments spécialisés, les obtenant ainsi plus rationnellement, d'autre part les éléments de provenance différente peuvent être employés dans des combinaisons toujours nouvelles, avec un accroissement des possibilités de variation. Il faut résoudre deux problèmes de principe : la typisation des joints et la coordination dimensionnelle. Avec la coordination dimensionnelle le système modulaire s'impose tout seul parce qu'il établit l'adaptation aux dimensions des multiples éléments d'achèvement. Mais on voit aussi que précisément la coordination modulaire permet d'obtenir une combinaison entre la construction traditionnelle et la préfabrication, combinaison qui peut être appliquée avec avantage partout où les bases manquent pour une préfabrication pure, par exemple par manque de séries. Certaines combinaisons sont aujourd'hui déjà usuelles : des escaliers préfabriqués ne sont plus des exceptions. Mais, grâce aux dimensions coordonnées, on peut obtenir un emploi beaucoup plus poussé de tels éléments préfabriqués industriellement. La coordination dimensionnelle nous conduit donc à un emploi plus ample des éléments obtenus industriellement, à leur limitation à un nombre raisonnable de dimensions, à des possibilités supérieures de production d'éléments typifiés et, avec ceci, à de plus grandes séries et par conséquent à des prix de revient inférieurs. En même temps on simplifie le montage et on évite les retouches postérieures d'assemblage, maintenant encore nécessaires ; tout ceci signifie des économies de main-d'œuvre et de matériel. Au projeteur, la coordination dimensionnelle assure le libre choix entre les offres de la branche, même après achèvement du projet. Mais elle simplifie aussi le travail de projection proprement dit, grâce à l'emploi systématique des cotes unitaires. Appliquée avec les moyens offerts par la normalisation, la coordination favorise essentiellement la rationalisation dans le bâtiment.

BIBLIOGRAPHIE SUR LE PROBLÈME DE LA COORDINATION DIMENSIONNELLE

[1] Bussat, Pierre : *La coordination modulaire dans le bâtiment.* Edité par le Centre d'études pour la rationalisation du bâtiment, Zurich, aux Editions Karl Krämer, Stuttgart, 1963.

[2] Le Corbusier : *Le Modulor.* Editions de l'« Architecture d'Aujourd'hui », Boulogne (Seine).

[3] Le Corbusier : *Le Modulor 2.* Editions de l'« Architecture d'Aujourd'hui », Boulogne (Seine).

[4] Neufert, Ernst : *Bauordnungslehre* (Théorie de coordination constructive). Editions Ullstein, Francfort-sur-le-Main et Berlin, 1961.

[5] *La coordination modulaire dans le bâtiment.* Publié par l'Agence européenne de productivité de l'Organisation européenne de coopération économique, Paris, 1956.

[6] *La coordination modulaire dans le bâtiment (Rapport 2).* Publié par l'Agence européenne de productivité de l'Organisation européenne de coopération économique, Paris, 1961.

DIVERS

Contrôle par le LFEM [1] de la qualité du ciment livré en vrac

L'emploi croissant de ciment en vrac — et cela, comme on le sait, dans une mesure toujours plus large, même sur des chantiers de moyenne importance — a conduit, en 1956 déjà, à l'introduction d'un contrôle de la qualité du ciment en vrac, par le LFEM. En 1964 également, les représentants locaux de la Société suisse des entrepreneurs ont prélevé sur des wagons-silos ou des camions, avant leur départ de fabrique, 403 échantillons de ciment qui furent ensuite examinés au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (LFEM) suivant la norme SIA nº 115. Sur ces 403 échantillons, 13 (soit le 3,2 %) ont manqué sur un point seulement de satisfaire aux exigences de cette norme. C'est ainsi que trois échantillons ont accusé une teneur en laitier de haut fourneau dépassant légèrement la limite de tolérance ; deux autres échantillons ont montré une perte au feu un peu trop élevée, tandis que les huit autres ne répondaient pas aux impératifs de la norme quant à la stabilité de volume contre l'expansion de la chaux. En revanche, l'évolution des résistances, les conditions de prise et la finesse de mouture ont, sans exception, pour la totalité des échantillons provenant de toutes les usines, partout été trouvées conformes aux exigences requises.

On procédera également à l'avenir un contrôle qualitatif du ciment en vrac, suivant les principes ci-après :

1. Sous l'égide de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA), de la Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse et du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (LFEM), le ciment livré en vrac par les fabriques suisses de ciment Portland est soumis à un contrôle qualitatif continu par le LFEM, le mode d'exécution des prélèvements et des essais étant, pour les détails, fixé d'entente par l'industrie du ciment, la Société suisse des entrepreneurs (SSE) et le LFEM.

2. En 1965, le nombre des échantillons qui, en vue de leur examen normal (conformément à la norme SIA nº 115 : « Normes pour les liants utilisés dans la construction »), devront être prélevés, dans les fabriques de ciment, sur la marchandise prête à être transportée par wagons-silos ou par camions, atteindra le chiffre global de 400.

3. Sur l'ensemble des fabriques de ciment Portland, la répartition de ces *échantillons de ciment en vrac* se fait pour le moment sur la base du *barème* suivant :

[1] Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et Institut de recherches — Industrie, Génie civil, Arts et Métiers — Dubendorf.