

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 58 (1932)
Heft: 4

Artikel: Projet de revision des normes suisses du béton et du béton armé
Autor: Paris, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44818>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

par moteur à air comprimé *Q* ou à la main. Le servo-moteur attaque un arbre sur lequel sont calés des disques de commande *R* et *S* qui sont reliés par tringles à la pompe à combustible *E* d'une part, et à l'arbre de distribution *V* d'autre part. Pour le lancement du moteur « Diesel », le moteur asservi *D* tourne dans le sens des aiguilles d'une montre de la position *b* jusqu'à ce que le pointeau du cadran de celui-ci se trouve sur « démarrage » (indiqué dans le schéma par *c*). Par ce mouvement, les disques de commande *R* et *S* sont tournés. Le disque *R* est relié par une tringle à l'arbre *V* sur lequel est calé un excentrique servant de pivot au levier de commande de la soupape de démarrage *C*. Par suite du mouvement du disque de commande *R*, l'arbre *V* et l'excentrique subissent un mouvement de rotation et le levier de commande de la soupape *C* pivotant sur l'excentrique s'abaisse, de sorte que les cames de démarrage de l'arbre de distribution *T* sont mises en contact avec les galets de distribution. La soupape *C* s'ouvre et le moteur commence à tourner sous l'action de l'air entrant par cette soupape. Le disque de commande *S* est relié par une tringle à la pompe à combustible *E* et en actionne directement les soupapes d'admission. Le mouvement de l'arbre du moteur asservi *D* de la position *b* à *c* soulève, au moyen du disque *S*, les soupapes d'admission de la pompe à combustible, de manière que son débit est coupé pendant la période de démarrage. Une autre pompe à combustible entre immédiatement en jeu à la partie supérieure du cylindre. Le moteur Diesel ayant atteint la vitesse voulue, le moteur asservi est de nouveau mis en action dans le même sens de rotation qu'auparavant jusqu'à ce que le pointeau indique la position « marche » (lettre *a* du schéma).

Dans cette position, les disques de commande mettent les cames à combustible en contact avec les leviers et rouleaux de commande des soupapes à combustible, en même temps que les cames de démarrage sont mises hors fonction. Les soupapes d'admission de la pompe à combustible sont relâchées et la pompe débite alors à la partie inférieure des cylindres. A ce moment, le moteur ne se trouve alimenté que par le combustible et peut être mis en charge. La manœuvre de démarrage décrite ci-dessus est très simple et ne prend que quelques secondes et peut être effectuée par un seul homme.

Pour le stoppage de la machine, le moteur asservi est de nouveau actionné par le moteur à air comprimé et tourne de la position « marche » à celle « stop », dans laquelle tous les leviers de distribution des soupapes à combustible et d'air de démarrage sont mis hors contact des cames respectives. Le moteur s'arrête.

L'huile est amenée aux deux réservoirs de 600 m³ chacun par pipe-line de 100 mm de diamètre, partant de la voie industrielle du plateau de Pérolles sur laquelle sont acheminés les trains de ravitaillement. Munie d'une pompe et d'un dispositif de vidange, l'installation permet, sans autre frais de manutention que le raccor-

dement des citernes à la conduite, d'épuiser un convoi de 200 tonnes en quelques heures.

Telle est, en résumé, la création à laquelle les Entreprises électriques fribourgeoises, — conscientes que, dans les circonstances actuelles, les basses eaux périodiques ou accidentelles doivent de moins en moins être considérées comme des cas de force majeure pouvant être invoqués pour justifier des restrictions de fourniture d'énergie, — se sont spontanément appliquées, dans l'intérêt de leur clientèle et pour maintenir leurs prérogatives de sécurité permanente dans la distribution de l'énergie électrique.

Projet de revision des normes suisses du béton et du béton armé,

par A. PARIS, professeur à l'Université de Lausanne.

La réglementation suisse actuelle du béton armé se base sur les *Normes provisoires*, établies en 1903 pour suppléer à une incertitude de doctrine, rendue momentanément dangereuse par les progrès rapides de la construction monolithique. La Société suisse des ingénieurs et des architectes, s'étant intéressée à la question, avait, après son assemblée générale de Berne, en 1902, adressé un questionnaire à ses diverses sections cantonales; celles-ci réagirent en général vivement, et leurs réponses formèrent un dossier où la diversité et quelques contradictions ne manquèrent pas, et qui fut soumis à M. *Fs. Schulé*, professeur, directeur de la Station fédérale d'essai des matériaux. Celui-ci rédigea alors ce premier texte fondamental, dont les principes essentiels forment encore notre bien commun; c'est le cas en particulier de la supposition d'une fissuration possible du béton tendu dans les corps fléchis, de l'incertitude de certains encastresments et des conséquences à en tirer, et de l'équivalence de charge entre les constructions en béton armé et les autres ouvrages. Mais, le doute subsistant sur bien des points essentiels, on borna l'œuvre à des règles générales; on reléqua alors aux textes explicatifs quelques indications plus pratiques concernant l'exécution.

Le professeur Schulé savait qu'un gros travail restait à faire et, d'accord avec les organes de la *S. I. A.*, il continua les études. Dès 1905, le Département fédéral de l'intérieur s'intéressa à ces recherches; on créa alors la Commission suisse du béton armé, à laquelle participèrent les organes de l'industrie des chaux et ciments.

Le Règlement de 1909, issu des délibérations de ce comité tripartite, représente un grand progrès sur les directives de 1903; il a subsisté jusqu'à ce jour, continuant à rendre ses précieux services; on le connaît sous le nom de « Règlement de la Société suisse des ingénieurs et des architectes ». Mais son caractère principalement civil laissait prévoir la venue d'une norme parallèle, applicable aux ouvrages soumis au contrôle de la Confédération: ce fut l'« Ordonnance fédérale » de 1915, sortie six ans plus tard des travaux d'une Commission presque inchangée.

Ces deux textes sont donc des frères, presque des jumeaux. Réserve faite du ton, plus large et conseiller dans un cas, plus strict et ordonnateur dans l'autre, la conception en est analogue; elle fait pressentir une œuvre unique, à baser

sur ces prodromes. Quelques principes de construction y apparaissent, qui manquaient au texte provisoire de 1903 ; la nécessité s'en faisait sentir, à mesure que s'élargissait le champ d'activité du béton armé, et que, l'ère du monopole étant passée, la concurrence poussait à une économie croissante.

Nous trouvons ainsi des règles concernant la largeur de la dalle solidaire d'une charge ou d'un sommier, la formule du flambage, quelques indications pour la fabrication du béton ; on y signale, en 1909 du moins, la consistance plastique, celle qui convient le mieux au béton enrobant des armatures, mais qui allait à l'encontre d'idées fort invétérées de résistance maximum. Cette innovation s'accompagne d'une autre, non moins caractéristique de la perspicacité de Schulé : l'autorisation de contraintes progressivement accentuées du béton comprimé, à l'arête des profils rectangulaires fléchis, lorsque la tension dans l'armature se tient en dessous de la limite maximum admissible.

Le rapporteur savait du reste que la Commission faisait œuvre de pionnier, et qu'une telle entreprise n'arrive pas à chef d'un premier élan ; il le manifeste, quand il écrit dans le texte S. I. A. : « Il faut s'attendre à ce qu'une révision du règlement nouveau devienne nécessaire au bout de quelques années ». Et plus de vingt ans se sont passés dès lors.

De l'avis du rapporteur lui-même, la normalisation n'avait donc pas encore trouvé son assiette définitive. On traitait en effet indépendamment des problèmes au fond connexes : la construction métallique, en 1913, et les ouvrages en béton armé, en 1915, prescrivant pour chacun d'eux les types de charges dont il faisait apparaître le besoin. Cet encombrement et cette dispersion doivent maintenant faire place à un plan solidairement établi, le triptyque ayant au centre une ordonnance de charges, et, à ses deux ailes, celles particulières aux deux matériaux principaux de la technique actuelle. Les règlements de 1909 et 1915, concernant le seul béton armé laissent du reste le constructeur sans repères précis pour les parties d'ouvrages d'art, où le béton homogène vient à remplacer le matériau armé.

La technique suisse ressent de plus en plus vivement la nécessité de la révision solidaire, qui est actuellement en voie d'achèvement. A cause du parallélisme des textes et des doubles emplois inévitables, d'abord ; alors que, dans chacun des grands pays voisins du nôtre, la construction en béton armé se suffit par un texte officiel unique, on ne voit pas la raison de notre réglementation bilatérale, les prescriptions techniques doivent s'adapter à la nature du matériau, non à des questions administratives. La sécurité, indice d'une préoccupation accentuée dans l'Ordonnance fédérale de 1915, doit être assurée par les sollicitations imposées à l'ouvrage, car les tensions admissibles sont et restent fonctions des résistances spécifiques.

Cette évidence décida le Département fédéral et les organes de la S. I. A. à rechercher, d'un commun accord, le texte unifié présenté maintenant à la technique suisse du béton armé.

Ce texte libère la réglementation particulière des prescriptions relatives aux charges. L'ordonnance spéciale donnera les indications nécessaires sur les actions permanentes ou utiles, et sur le matériel roulant ; les majorations pour effets dynamiques y atteindront le niveau des expériences récentes. La construction métallique et le béton seront ainsi placés sur pied d'égalité, en concurrence devant le projet.

L'ordonnance nouvelle, sur les constructions en béton armé, étend désormais ses effets, non seulement aux « ouvrages d'art en béton » non armé, mais à l'autre limite de son domaine,

aux armatures spéciales qui esquissent un chaînon de liaison avec la construction métallique. Ces indications restent brèves ; juste de quoi permettre de fonder un avis dans ces conditions spéciales. D'autre part, la plus grande variété des matériaux modernes, acier ou ciment, ballast tout-venant ou espèces triées, mise en œuvre ordinaire ou précise, cette variété intervient aussi dans le détail des prescriptions.

Les conséquences de ce développement furent grandes. La conception du conglomerat et l'étude scientifique des matériaux demandèrent une refonte complète des textes.

Le fond commun de la connaissance du béton de ciment transparait de façons souvent bien différentes dans les divers règlements actuels, suisses ou étrangers. Car la fabrication du conglomerat est en progrès constant, tant par le liant que par le choix du ballast et par la mise en œuvre. La Circulaire ministérielle française de 1906 a eu la sagesse de le prévoir : elle laisse en effet, à l'ingénieur responsable, la liberté de choisir entre les contraintes fixes, applicables aux dosages échelonnés ordinaires, et la proportionnalité des tensions aux résistances à obtenir du chantier. Le Règlement allemand, de 1925, est plus strict ; il connaît une certaine gradation, mais ignore la liberté, vu les risques.

Pour faire face à cette évolution, et tenir compte de cette diversité dans les bétons, la Commission s'appuya sur les travaux du Laboratoire fédéral de Zurich et de celui de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne, aussi bien que sur la riche littérature étrangère.

L'acier aussi s'est développé. Le fer soudé, frère inférieur de l'acier doux, a pratiquement disparu de la construction en béton armé, par l'ostracisme des tensions diminuées ou par l'exclusion sans phrases ; mais il a été remplacé, en tête de liste, par l'acier spécial à haute résistance ; c'est un progrès dont il fallait tirer parti, car la sécurité du béton armé et son prix de revient sont fonction de la limite apparente d'élasticité du métal : 2,5 t/cm² au moins dans l'acier doux, mais 3,5 t/cm² et plus dans l'acier St. 48, au silicium, entre autres.

Le projet d'ordonnance unifiée définit dès lors les tensions admissibles en partant des résistances spécifiques des matériaux ; il établit ses degrés en conséquence. Les tensions autorisées dans l'acier atteignent 1,2 t/cm² pour l'acier doux et 1,6 t/cm² pour le spécial.

Le règlement retient d'autre part avec soin le principe d'autoriser, dans le béton, des contraintes particulièrement élevées, quand on modère la tension dans l'armature, et qu'on élimine ainsi le risque de fissuration du béton tendu. Cette méthode de calcul nous est propre, et nous a toujours donné satisfaction ; elle repose sur des faits scientifiques, dont F. Schulé a donné comme suit l'expression, en 1909 déjà : « Les expériences faites ont montré que jusqu'à environ 3 % d'armature, quand le béton est de bonne qualité, et 1,5 à 2 % si le béton est de qualité médiocre, on peut tolérer sans danger des efforts supérieurs dans le béton à la compression, car dans ces limites, on est sûr qu'une charge croissante provoquera la rupture par fatigue du fer à la limite apparente d'élasticité, et non par écrasement anticipé du béton ». Il vaut ainsi mieux ajouter de l'armature dans la région tendue, que de placer des barres en compression.

La sincérité du calcul ne saurait ignorer la difficulté de justifier les profils d'insertion, sans leur assurer ce traitement, adéquat à leur fonction spéciale.

Le coefficient d'équivalence du fer au béton, conséquence de l'inégale élasticité des deux matériaux unis, quoique basé sur un principe scientifique, résulte en fait de l'expérience, car il se montre extrêmement variable. Le chiffre de 20, admis par Schulé pour compenser dans le moment d'inertie la sup-

pression de la région tendue du béton, ne cadre pas, au laboratoire, avec l'amélioration croissante des bétons. La valeur $n = 10$ est plus près de la réalité dans la majeure partie des cas ; elle est admise en Italie, autorisée en France, et d'un usage commode. Le professeur Dr. W. Ritter l'avait introduite dans les premiers temps du béton armé, et nos règlements l'ont conservée pour traduire l'influence des barres comprimées. Nous proposons actuellement d'y revenir uniformément.

Mais le moment d'inertie diminue donc, et fait monter le chiffre de la contrainte du béton, sans influencer d'ailleurs la sécurité effective des profils. Il fallait, en conséquence, majorer les contraintes admissibles, pour rétablir la parité. Les textes de 1909 et 1915 admettent 40 kg/cm^2 à l'arête des profils à dalles-semelles, sous une tension de 1200 kg/cm^2 dans l'acier doux ; l'ordonnance révisée porte ce chiffre à 50 kg/cm^2 pour ces profils élévis ; elle passe à 60 kg/cm^2 pour les dalles de 12 à 20 cm d'épaisseur, et à 70 kg/cm^2 pour les gros profils massifs. On admet en sus une majoration jusqu'à 20 kg/cm^2 , si la tension descend dans l'armature : 5 kg/cm^2 à l'arête du béton par 100 kg de moins dans l'acier.

La contrainte maximum, à l'arête extrême des profils massifs en béton normal, 90 kg/cm^2 sous les charges matérielles seules, peut paraître audacieuse ; elle l'est beaucoup moins quand on réfléchit qu'il s'agit de l'expression du calcul à la flexion, pour laquelle la supposition de Navier donne une image fortement exagérée ; elle est d'autre part simplement dans la logique de nos règlements actuels, mis au niveau des nouvelles conceptions et de l'abaissement du facteur n de 20 à 10. Ces prescriptions ont toujours donné satisfaction dans les projets respectueux de leur esprit. Si nous comparons en effet les formules de majoration de 1909 et 1915 avec celle de 1931, et que nous basions notre appréciation sur le rapport

$$C = h' : \sqrt{M}$$

de la hauteur utile du profil à la racine du moment unitaire, nous trouvons la justification cherchée. Le règlement de 1909 autorise en effet $C = 0,230$ pour le système 70 kg/cm^2 dans le béton et 600 kg/cm^2 dans l'acier tendu. L'ordonnance de 1915 s'arrête, pour le bâtiment, au système 60/1000 ; mais, prolongée logiquement à 75/850 comme le permettent nos possibilités actuelles, elle donnerait au facteur C la valeur 0,230. Le projet de révision nous pousse un peu plus loin, à 0,225 par le système 90/800 ; la différence est insignifiante, puisque on aurait 0,230 pour 88/840 environ ; l'élévation du chiffre de contrainte dans le béton résulte donc, pour une bonne part, de l'influence du nombre $n = 10$. D'autre part, la tension de 600 kg/cm^2 de 1909 apparaît maintenant comme inutilement basse et onéreuse ; la fissure du béton tendu, premier symptôme de la distension du métal, ne se produit en effet normalement pas avant que la tension de l'armature n'atteigne, en fait, près de 800 kg/cm^2 , ce pour quoi il faut au moins 1000 kg/cm^2 au calcul théorique.

L'influence des efforts dus aux changements de température et au retrait a été prise en considération dans la même forme qu'avait admise le texte de 1909. La construction doit naturellement satisfaire, auparavant et sans restriction, à l'effet des charges matérielles seules ; cette condition remplie, on constate que des efforts complémentaires, dus à la dilatation ou à la contraction physiques, peuvent difficilement conduire plus loin qu'à une fissuration, assurément regrettable, mais qui annule *ipso facto* la sollicitation elle-même et reste ainsi sans influence sur la rupture, mesure ultime de la sécurité. L'ordonnance autorise, dès lors, des majorations supplémentaires de 20 à 40 % des contraintes du béton, et de 200 et 400 kg/cm^2 des tensions dans l'acier,

suivant qu'il y a effet thermique seul ou cumul avec l'influence du retrait.

Ces hauts chiffres de contraintes, même apparentes, du béton conduisent logiquement à des exigences accentuées pour la qualité du conglomerat.

Les facteurs essentiels de la résistance résident dans le ciment, le ballast, la quantité d'eau de gâchage et le travail de l'équipe. Il fallait, pour favoriser de hauts chiffres à l'écrasement, préciser les conditions d'exécution plus que ne le font les textes actuels. Le rapport de poids du ciment à l'eau étant, avec la qualité du portland lui-même, le facteur essentiel de cette résistance, on devait poser, pour la compacité et la granulation, quelques règles assez simples pour guider utilement l'entrepreneur consciencieux. Ces règles sont des limites entre lesquelles on peut se mouvoir avec d'autant plus d'aisance que le maître de l'ouvrage et les conditions de charge exigeront moins de résistance du béton à produire.

L'ordonnance prévoit alors plus d'une catégorie de bétons. Outre le classement suivant dosage en ciment, elle connaît des bétons normaux, pour les nécessités usuelles du chantier, du bâtiment entre autres, et des bétons qualifiés, susceptibles de satisfaire à de plus hautes exigences, du génie civil en particulier.

Ces types correspondent à nos propres besoins. Ce n'est pas uniquement, à la manière française, une gradation par dosage d'abord, puis une proportionnalité aux résistances des cubes ; ce n'est pas non plus la forme allemande, qui s'attache, une fois certains minima assurés, plus à la qualité du ciment, normal ou à haute résistance, qu'à la valeur proprement dite du béton. Selon nos normes, l'emploi de ciment portland à haute résistance ne suffit pas à justifier l'aptitude du béton qualifié ; c'est un bon moyen d'atteindre plus vite et plus sûrement les résistances exigées, surtout s'il y a un risque de défaillance du ballast ; c'est aussi une possibilité de raccourcir les délais d'enlèvement des étais ; ce n'est pas une qualification en soi.

La différence essentielle entre les deux groupes de bétons réside dans le choix du mélange de sable et de gravier. On autorise en effet l'emploi de ballast tout-venant pour le béton normal, à condition que « l'essai de laboratoire ou une expérience durable et continue le justifie » ; mais le mélange sec doit être assez compact pour qu'il entre quelque 1900 à 2000 kg de ballast dans un mètre cube de béton fini ; ce qui correspond à des « rapports de volumes de 1 : 2 à 5 : 7 » du sable au gravier.

Le béton qualifié exige au contraire un « choix des matériaux sur la base de recherches spéciales » ; c'est la granulation de rigueur, définie par essais préliminaires et la compacité maximum à assurer.

Ces deux ordres de mélanges doivent conduire, chacun à sa manière, à des résistances certainement élevées. Les normes de classification du portland suisse demandent des cubes, à l'essai normal (mortier 1 : 3), une résistance de 325 kg/cm^2 au moins à 28 jours ; le portland à haute résistance doit donner ce chiffre à 3 jours déjà, et assurer 650 kg/cm^2 à 28 jours. Fort de ces minima généralement dépassés, et souvent de beaucoup, et connaissant la bonne qualité de la majeure partie de nos sables et graviers, notre corps d'ingénieurs incline à réclamer, des cubes à 28 jours de durcissement, l'échelle sévère qui suit (chiffres hors parenthèses) :

Dosage	150	200	250	300	350 kg/m^3
Résistance béton					
normal	60	100	150	200	240 kg/cm^2
(minimum)	(50)	80	120	160	(190) »
Résistance béton					
qualifié	—	130	200	260	320 »

L'échelle maximum pourra être tenue dans les cas normaux de chantiers bien outillés, avantageusement fournis et surveillés ; elle assurerait largement la sécurité des ouvrages calculés suivant l'échelle de contraintes proposée. Mais elle pourrait, dans certains cas, conduire à des difficultés, si le ballast n'est pas de premier choix (sable broyé en particulier), et si le ciment satisfait trop juste aux normes de réception. L'échelle minimum, inscrite ici entre parenthèses, devrait alors pouvoir réserver la tolérance nécessaire, pour des ouvrages de médiocre importance en particulier ; on ne peut en effet pas exiger d'eux, inconditionnellement, l'emploi du portland à haute résistance, capable de suppléer à certaines faiblesses du ballast, ou de compenser la consistance trop molle où conduit l'abondance des armatures dans de trop minces nervures de plancher creux.

Cette question est de grande importance, pour l'avenir du béton armé en particulier. Nous devons posséder une plateforme assurant le développement de notre construction, en la poussant à mieux faire ; mais exiger d'elle sans réserve ce qui peut être localement irréalisable économiquement, serait aller à fin contraire.

Les résistances minima des deux groupes de bétons se tenant dans le rapport ci-dessus, on autorise dans le béton qualifié, armé ou non, des contraintes également de 30 % supérieures à celles du béton normal.

Le dosage minimum ne descend en principe, s'il y a une armature à protéger, pas en dessous de 300 kg/m³ ; « on pourra toutefois, pour le béton normal et si l'on dispose d'un bon mélange de sable et de gravier, réduire ce dosage jusqu'à 250 kg/m³ lorsque, tout danger de rouille et de gel étant exclu, les résistances obtenues suffisent ».

Si le béton n'est pas armé, on admet pour les dosages de 150 à 350 kg par m³ du type normal, des contraintes axiales graduées de 10 à 40 kg/cm². La contrainte à l'arête σ_r monte plus haut, par la formule

$$\sigma_r = 2\sigma_s - 0,5\sigma_s^*$$

où σ_s et σ_s^* représentent les contraintes axiales, autorisée et effective. La majoration ne va toutefois pas au delà de 2/3, parce que « on tolère les tensions de traction à l'arête jusqu'à un maximum d'un dixième des plus grandes contraintes réelles de pression ». Ceci pour fixer une position assez excentrique de l'axe neutre, et rendre inoffensifs de légers déplacements éventuels de la charge.

L'ordonnance renonce en effet au calcul des tensions de traction du béton, car cette vérification n'a pas contribué à améliorer la tenue des ouvrages, d'autant plus sujets à fissuration par retrait, que le béton comporte trop de grosses masses relativement peu armées.

La catégorie, moderne et hors série, des bétons à haute résistance n'a pas été oubliée dans le projet de révision. Il y a en effet des ouvrages dont l'importance justifie une préparation vraiment scientifique des matériaux, et rend « nécessaire l'obtention d'un béton présentant des garanties exceptionnelles de résistance et de constance... L'élaboration du projet, le choix du conducteur de travaux et de l'entrepreneur, doivent tenir compte de ces facteurs. De même, on procédera à un choix particulièrement sévère concernant la qualité de ciment, les diverses sortes de grains de sable et de gravier ». Quand tous ces facteurs seront garantis réunis, en conséquence des essais préliminaires, et qu'on pourra assurer que, « à l'écrasement, la moyenne de chaque série de cubes à 28 jours de durcissement normal... dépassera... 350 kg/cm²... on pourra baser les calculs de stabilité sur des contraintes maxima fixées par la formule

$$\sigma_b^h = 1,30 \sigma_b \sqrt{\beta/350}$$

où β signifie... la résistance moyenne... à l'écrasement... et σ_b les contraintes admissibles pour le béton normal », c'est-à-dire, en particulier, 40 kg/cm² au centre de gravité d'un prisme armé. La contrainte ne croît donc qu'avec la racine carrée des résistances assurées en dessus de 350 kg/cm².

Les matériaux étant ainsi définis pour satisfaire à des besoins divers, l'Ordonnance s'attache encore à fixer quelques exigences élémentaires pour certains types classiques de constructions. Il s'agit en l'espèce, particulièrement, des dalles et des plaques, appelées à recevoir le plus immédiatement les charges, et à leur résister suivant les deux dimensions principales du plan. On met l'accent sur la solidarité nécessaire en exigeant, pour les dalles-champignons en particulier, un calcul « selon la théorie des plaques ou celle des cadres, en tenant compte de l'encastrement... et de la variation du moment d'inertie ». Mais il y a des cas où « on admet un calcul approximatif, si l'ampleur des méthodes scientifiques dépasse l'importance de l'organe étudié ». C'est le cas, en particulier, des petites plaques à armature croisée et appuyées sur leur contour. On autorise alors la distribution des charges entre les deux directions d'armatures, et dans le rapport inverse des deux portées, si les charges sont concentrées ; la quatrième puissance intervient quand les actions extérieures sont uniformément réparties.

Les charges isolées, qui agissent sur une dalle principalement armée dans une seule direction, intéressent des barres de résistance dans une largeur supérieure à celle b_2 immédiatement touchée à travers la couche protectrice ; la largeur supplémentaire dépend alors de l'importance de l'armature de répartition, qui doit atteindre de 40 à 65 % pour assurer cet effet de solidarité transversale. La formule devient

$$b_3 = b_2 + 0,9 \times l \times f_2/f_1$$

où f_1 et f_2 représentent les sections unitaires des deux armatures tenues dans les limites susdites. Cette expression, issue d'un calcul par les séries trigonométriques, le complète à l'effet de la limite apparente d'élasticité du métal, qui fixe le rapport des moments fléchissants de rupture dans les deux directions d'armature, suivant la conception de Schulé dans les textes de 1909 et 1915. Cette formule donne, aux limites fixées, les proportions des deux règlements actuels. Elle en assure donc la liaison logique.

On admet de même une répartition des charges dans les planchers nervés « quand des nervures transversales efficacement placées... assurent la transmission latérale des charges ». La majoration de largeur, autorisée jusqu'à un quart de la portée, peut passer pour avantageuse, car il n'est pas exclu de trouver, à l'auscultation d'ouvrages de ce genre, une concentration plus intense sur les nervures, surtout s'il y a encastrement.

Quelques figures complètent le texte par les indications des modes de courbure des barres et crochets, des largeurs de charge immédiate, et par des graphiques de granulation normale des ballasts.

En résumé, nos règlements, ainsi revus et unifiés, sont capables de permettre de faire face aux problèmes essentiels de la construction en béton, avec ou sans armature, et ceci dans des conditions de hardiesse pondérée, qui permettent d'unir l'élancement à l'économie, tout en conduisant à une sécurité plus également assurée.

La souplesse est, en effet, dans les ouvrages élastiques et bien équilibrés, un élément de résistance aux effets de la dila-

tation, sources de nombreux désordres quand le libre jeu leur manque.

L'Ordonnance, qui étend ses prescriptions aussi bien aux parties vitales non armées qu'aux bétons armés proprement dits, met en œuvre et en valeur toutes les ressources actuellement assurées, par nos ciments normaux ou à haute résistance, nos ballasts tout-venant ou fournis en espèces séparées, et par les aciers doux habituels, les aciers spéciaux à haute résistance et les barres profilées.

Elles se tiennent néanmoins suffisamment sur la réserve pour ne gêner en rien le progrès toujours en marche, qui doit assurer le développement ininterrompu de la construction monolithique.

Le prix de revient des canalisations d'eau dans les immeubles.

Sur mandat de l'« Association allemande pour l'étude de l'économie en matière de constructions et d'habitations (Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen) M. Mengerlinghausen, ingénieur, a analysé les dépenses afférentes aux canalisations d'eau, en fonction de la distribution des plans des étages dans une maison. Les recherches visèrent, d'abord, des installations d'alimentation en eau et d'évacuation des eaux usées dans des bâtiments locatifs à deux appartements par étage et ouvrant sur le même palier. Voici quelques-uns des résultats de ces intéressants travaux :

Il est avéré que les dépenses en question sont surtout influencées par le nombre des colonnes montantes et des conduites de descente. Dans le cas d'un appartement de 46 m² (avec évier dans la cuisine, baignoire, W. C. et lavabo dans la salle de bain) les dépenses de tuyauterie pour l'adduction et l'évacuation de l'eau se montaient à 106 marks (1,4 % du coût global de la construction) pour un groupe de bâtiments contigus, à trois étages, quand les cuisines et les salles de bain des deux appartements d'un

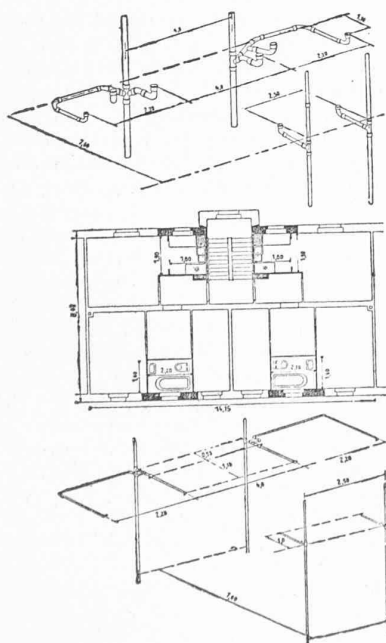


Fig. 1. — Cuisines éloignées des salles de bains. Quatre conduites montantes et quatre descentes pour chaque couple de 2 appartements.

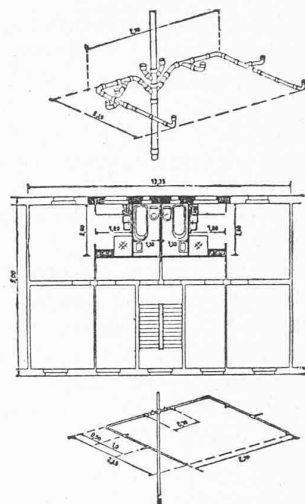


Fig. 2. — Cuisines et salles de bains groupées. Une conduite montante et une descente pour 2 appartements.

même étage étaient branchées sur une même colonne montante (fig. 2). Tandis que ces dépenses atteignaient 248 marks (3,2 % du coût global de la construction) si, pour chaque couple d'appartements il y avait 4 colonnes montantes et 4 « descentes » (fig. 1).

La comparaison d'appartements de dimensions différentes apprit que, pour des appartements semblablement distribués et munis du même nombre d'installations sanitaires, le prix de revient des canalisations ne dépend pas de la grandeur de l'appartement. Autrement dit, ces installations dans les petites habitations sont, proportionnellement, beaucoup plus chères que dans les grandes. Cette différence est particulièrement accentuée dans le cas des très petites constructions. Exemple : pour un logement de 35 m², le coût de la tuyauterie, rapporté au m² de surface habitable, est de 40 % plus élevé que pour un logement du même type et « équivalent » — c'est-à-dire avec les mêmes installations sanitaires — mais mesurant 50 m². D'où ces conclusions : 1. Il n'est pas possible de créer, dans des conditions économiques, des habitations à loyer modique par simple réduction des dimensions d'habitations plus grandes. 2. Dans les grandes habitations, on peut procéder à des installations plus complètes sans élever le taux des loyers par m² de surface habitable.

Prix de revient de la tuyauterie en fonction du nombre d'étages. Dans une maison à 5 étages le coût, par appartement, de la tuyauterie et du branchement sur rue est 80 % du coût pour les mêmes installations dans une maison à 3 étages construite sur le même plan. Dans le cas de 7 étages, ce coût

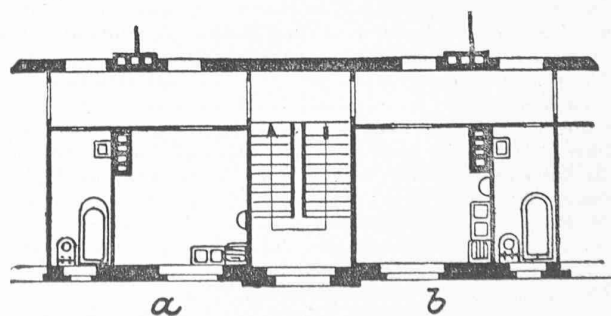


Fig. 3. — Aménagement déficient (a) et rationnel (b) de la cuisine et de la salle de bains.