

Béton armé. Règles BAEL

Établissement des projets

par **Jean PERCHAT**

Ingénieur des Arts et Manufactures

Professeur honoraire à l'École Spéciale des Travaux Publics, du Bâtiment et de l'Industrie

Professeur au Centre des Hautes Études de la Construction

1. Étapes successives	C 2 312 - 2
2. Interaction des solutions fondation et structure	— 2
3. Contreventement général des bâtiments.....	— 3
3.1 Contreventement assuré par portiques superposés	— 3
3.2 Contreventement assuré par pans rigides	— 3
3.2.1 Contreventement triangulé	— 3
3.2.2 Contreventement avec voile en béton	— 4
3.2.3 Contreventement par remplissage en maçonnerie	— 4
3.3 Noyau de stabilité des immeubles-tours.....	— 4
3.4 Solutions mixtes.....	— 5
4. Éléments verticaux porteurs.....	— 5
4.1 Rôle et solutions diverses	— 5
4.2 Problèmes posés par les liaisons béton armé-maçonnerie.....	— 5
5. Planchers	— 6
5.1 Planchers avec dalle générale, poutres secondaires et principales.....	— 6
5.2 Planchers à entrevous.....	— 7
5.3 Planchers à dalle pleine sur voiles en béton	— 7
5.4 Planchers-dalles.....	— 7
5.5 Planchers-champignons.....	— 8
5.6 Problèmes particuliers des planchers-terrasses	— 8
6. Emploi d'éléments préfabriqués.....	— 8
Pour en savoir plus.....	Doc. C 2 320

Le premier travail qui incombe à l'ingénieur chargé d'établir le projet d'un ouvrage ou d'un bâtiment est d'en **concevoir les dispositions d'ensemble**. Cela peut sembler évident, mais il n'est pas inutile de le rappeler, car trop souvent, même pour des personnes appartenant aux professions du bâtiment et des travaux publics, l'ingénieur est essentiellement celui qui **calcule**.

Or, avant de calculer, il faut, de toute évidence, savoir ce que l'on calcule, et par conséquent avoir défini les dispositions de la structure que l'on projette. Et, pour atteindre cet objectif, il faut représenter ces dispositions, c'est-à-dire les **dessiner**.

La série « Béton armé » fait l'objet de plusieurs articles :

- Béton armé [C 2 300]
- Généralités [C 2 301]
- Evolution des méthodes de calcul [C 2 302]
- Règles BAEL.
 - Caractères des matériaux
 - Actions et sollicitations [C 2 304]

— Règles BAEL. Sollicitations normales	[C 2 306]
— Règles BAEL.	
Sollicitations tangentes	
Sollicitations d'adhérence	[C 2 308]
— Règles BAEL.	
Dispositions constructives	
Dispositions particulières	[C 2 310]
— Règles BAEL. Établissement des projets	[C 2 312]
— Règles BAEL. Ossatures et éléments courants	[C 2 314]
— Règles BAEL. Ouvrages particuliers	[C 2 315]
— Règles BAEL. Exécution et estimation des travaux	[C 2 316]
— Règles BAEL. Pathologie et réparation des ouvrages	[C 2 317]
— Règles BAEL. Béton de granulats légers artificiel	[C 2 318]
— Règles BAEL. Comportement expérimental	[C 2 319]
— Pour en savoir plus	[C 2 320]

1. Étapes successives

On peut d'ailleurs remarquer que les plus grands constructeurs n'ont jamais procédé autrement. E. Freyssinet, pour ne citer que lui, a toujours dessiné – au stylo ! – la silhouette des ouvrages qu'il projetait, avant d'en confier la justification par le calcul aux ingénieurs de son équipe, lui-même se contenant de faire quelques règles de trois pour vérifier certains ordres de grandeur. J.-R. Robinson, dans son livre *Piles, culées et cintres de ponts* [123], a fort justement écrit : « Jamais un pont n'est sorti d'un système d'équations ».

Le développement du calcul automatique ne dispense pas, contrairement à une opinion assez répandue, du nécessaire recours au dessin pour définir les dispositions d'une structure ; le grand intérêt qu'il présente est essentiellement de permettre d'aborder les calculs justificatifs par des méthodes très élaborées et de parvenir assez facilement à une optimisation des dimensions des ouvrages.

Le premier travail matériel que fait un ingénieur est donc de dessiner les dispositions d'une structure en même temps qu'il les conçoit ; il doit le faire à une échelle convenable pour représenter cette structure dans son ensemble, sous un format commode, que la vision puisse saisir facilement en totalité. Certains ingénieurs pensent déchoir en dessinant eux-mêmes, et sont contraints de demander à un dessinateur de représenter, sur leurs indications, les dispositions qu'ils conçoivent ; c'est une méthode qui n'est certainement pas la meilleure, et d'ailleurs la partie la plus exaltante du travail d'un ingénieur n'est-elle pas celle qu'il accomplit devant sa table à dessin (ou devant ce qui lui en tient lieu, car il n'est nul besoin de disposer d'un matériel sophistiqué) ?

Il faut éviter les vues tronquées, qui faussent les rapports des proportions et peuvent induire en erreur. Il convient de dessiner *à l'échelle* ; cela peut paraître soulever une pétition de principe, car une telle condition implique de connaître *a priori* les dimensions des divers éléments de la structure, ce qui n'est évidemment pas le cas. On doit admettre, tant que l'on n'a pas acquis une bonne expérience du métier reposant sur un certain sens de la construction, que l'on puisse être amené à modifier – quelquefois notablement – des dimensions prévues au départ, voire à changer le principe même de certaines solutions, mais cette façon de faire présente des inconvénients bien moindres que celle qui consiste à se lancer d'emblée dans des calculs sur des dispositions mal définies, ce qui peut conduire à des erreurs graves.

Ce n'est qu'après avoir conçu et représenté clairement les dispositions d'un ouvrage ou d'un bâtiment que l'on abordera la seconde étape du travail : la **justification des dispositions prévues** ; celle-ci se fait en général par le *calcul*, plus exceptionnellement par le recours

à l'expérimentation. Pour ce faire, l'ingénieur dispose de tout un arsenal de méthodes plus ou moins élaborées, que le développement du calcul automatique a largement enrichi.

Le premier volet de l'art de l'ingénieur réside donc dans le choix judicieux des dispositions d'un projet, le second dans celui des méthodes de justification par l'emploi de celles qui sont les plus proches de la réalité, les plus simples et les plus sûres.

Ces méthodes sont le plus souvent celles de la Résistance des Matériaux classique (rubrique *Calcul des structures* dans le traité Sciences fondamentales). L'ingénieur d'études doit acquérir une bonne maîtrise dans l'utilisation de ces méthodes, mais il ne doit pas oublier que, si élaborées que soient celles qu'il applique, elles ne représentent que schématiquement, donc imparfaitement, les phénomènes. La Résistance des Matériaux doit être un outil dont on se sert avec plus ou moins d'habileté, voire pour certains avec virtuosité, mais non une fin en soi ; l'objectif est de construire et non de calculer.

L'importance du dessin, que nous venons de souligner, ne se limite d'ailleurs pas à la représentation des dispositions d'ensemble d'un ouvrage ; elle doit s'étendre aussi à la mise au point de certains *détails* d'une structure, et notamment des parties où le ferrailage exige une étude spéciale, particulièrement au croisement ou à la jonction des pièces comportant une densité importante d'armatures. Le dessin à échelle convenable – en certains cas, à échelle grandeur – permet de rejeter certaines dispositions aberrantes de ferrailage que le personnel de chantier ne peut mettre en œuvre par manque de place ; c'est une faute grave, pour un ingénieur d'études, de ne pas s'apercevoir de l'impossibilité de réaliser les dispositions qu'il a projetées.

2. Interaction des solutions fondation et structure

On ne peut étudier séparément la fondation et la structure d'un ouvrage d'art ou d'un bâtiment. Il est bien évident que la fondation doit être conçue en fonction des forces qui lui sont transmises par la structure, mais inversement le choix d'un système de fondations peut avoir des répercussions sur la solution qu'il convient d'adopter pour la structure.

D'une façon générale, l'importance des tassements possibles est liée à la capacité de déformation des structures en élévation, les plus souples pouvant s'accommoder sans dommages notables de tassements relativement grands. De ce point de vue, les ossatures

métalliques sont, normalement, plus souples que celles en béton armé, lesquelles le sont elles-mêmes plus que les ouvrages en maçonnerie.

Des fondations susceptibles de tassements non négligeables peuvent conduire à prévoir pour un pont des poutres isostatiques, plutôt que des poutres continues. La nécessité de fonder à une grande profondeur conduira souvent à réduire le nombre des appuis intermédiaires d'un ouvrage et à accroître ainsi la portée des différentes travées.

La présence de remblais très compressibles fera souvent rejeter une solution de dallage sur terre-plein, notamment dans des bâtiments industriels à charge d'exploitation élevée, et conduira à prévoir un plancher reportant les charges sur des points d'appui convenablement fondés.

Une charpente relativement souple pourra fort bien être fondée sur des semelles isolées à faible profondeur, même sur un terrain de capacité portante réduite, alors qu'une structure de bâtiment plus rigide devra, sur le même terrain, être fondée sur un quadrillage de semelles continues (formant *radier évidé*) ou éventuellement sur un radier général.

De même que des corps de bâtiment de hauteurs et de charges différentes doivent avoir des fondations séparées par des joints (*joints de rupture*), de même des discontinuités dans les fondations, résultant soit de la nature du terrain d'appui, soit de son niveau, doivent conduire à prévoir des joints dans les structures en élévation des bâtiments.

3. Contreventement général des bâtiments

Le premier souci que doit avoir l'ingénieur d'études est de prévoir des dispositions assurant la *stabilité générale* et spécialement le *contreventement d'ensemble* des bâtiments. Ces dispositions doivent avoir pour objet non seulement d'assurer la résistance aux forces horizontales prises en compte dans les calculs, telles celles résultant de l'action du vent, mais aussi de permettre éventuellement aux bâtiments de subir sans dommages excessifs les effets de certaines sollicitations exceptionnelles, telles que des explosions localisées. Ces problèmes se posent avec une acuité particulière dans les immeubles à grand nombre d'étages.

Les solutions susceptibles d'être choisies pour assurer le contreventement général des bâtiments sont évidemment liées aux contraintes qui peuvent être imposées par le parti architectural ; elles sont également dépendantes, dans une certaine mesure, du matériel dont dispose l'entreprise. Ces solutions peuvent être classées en trois grandes catégories (§ 3.1, 3.2 et 3.3).

3.1 Contreventement assuré par portiques superposés

Les portiques (figure 1) doivent être conçus pour résister non seulement aux forces de pesanteur, mais également aux forces horizontales ; celle résistance implique la rigidité des nœuds.

Cette solution conduit en général à des sections de béton et d'armatures plus importantes, et à des dispositions de ferrailage plus complexes que celles usuellement adoptées dans les structures les plus courantes de bâtiments.

À moins que l'on ne puisse prévoir, dans chaque plan de contreventement, des portiques comportant un nombre relativement important de travées, cette solution de contreventement est onéreuse, et on ne la retient guère que lorsqu'il n'est pas possible d'en choisir une autre. Il faut cependant lui reconnaître l'avantage de ne pas créer d'obstacles à la présence d'ouvertures de grandes dimensions dans le plan des portiques.

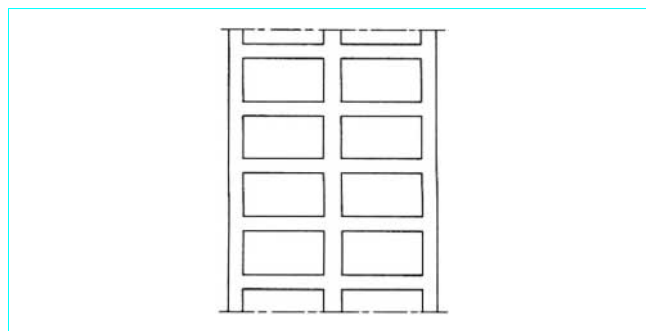


Figure 1 – Ossature en portiques (à des travées)

Le calcul des ossatures en portiques peut être conduit suivant de nombreuses méthodes plus ou moins élaborées.

Les Règles BAEL donnent des **méthodes simplifiées**, reprises d'ailleurs des Règles BA 1960 et CCBA 1968 :

- sous l'action des *charges verticales*, on peut utiliser la méthode de l'annexe E2 des Règles BAEL (applicable en principe aux planchers à charge d'exploitation relativement élevée, mais pouvant fort bien être appliquée aux planchers à charge modérée), qui est une extension, au cas où l'on tient compte de la solidarité des poutres et des poteaux, de la méthode de calcul des poutres continues proposée, il y a déjà de nombreuses années, par Albert Caquot [C 2 314] ;
- sous l'action des *forces horizontales*, on peut appliquer les règles simplifiées définies à l'article B 8.1,2 des Règles BAEL, qui fixe la répartition des forces horizontales s'exerçant à chaque niveau entre les différents poteaux et la position des points de moment nul.

Il est d'ailleurs toléré d'associer, dans les bâtiments courants, l'emploi de la méthode dite forfaitaire (annexe E1 des Règles BAEL ; [C 2 314]) pour les charges verticales et de la méthode visée à l'alinéa précédent pour les forces horizontales.

On peut évidemment utiliser des méthodes plus élaborées, telles que celles des constantes d'appui, des rotations ou de H. Cross, et, pour le calcul des ossatures d'immeubles à grand nombre d'étages sous l'action du vent, la méthode de Takabeya. Ces différentes méthodes sont notamment exposées dans le *Formulaire du béton armé* [13].

Il est également possible d'utiliser des programmes de calcul automatique, qui existent en grand nombre.

3.2 Contreventement assuré par pans rigides

La rigidité des pans de contreventement peut être assurée :

- soit par des triangulations en béton armé ;
- soit par des voiles en béton armé ;
- soit éventuellement par des *remplissages* en maçonnerie de résistance suffisante entre éléments (poteaux et poutres) de l'ossature en béton armé.

3.2.1 Contreventement triangulé

Dans le premier cas, la présence des **triangulations** crée souvent des difficultés pour la réalisation d'ouvertures dans les pans de contreventement : on peut quelquefois trouver une solution plus satisfaisante en disposant les éléments de triangulation non plus sur la hauteur d'un étage, mais sur celle de deux étages (figures 2).

La mise en œuvre des remplissages en maçonnerie est dans tous les cas rendue moins facile.

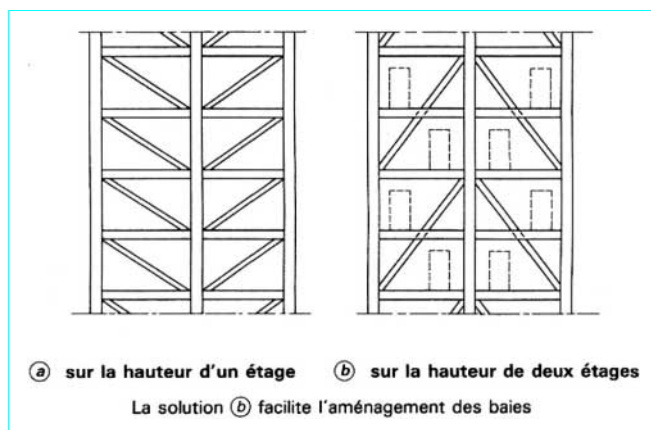


Figure 2 – Pans de contreventement triangulés

Le calcul des poutres à treillis dont les membrures sont constituées par les poteaux et qui fonctionnent en console à partir du niveau des fondations ne soulève pas de difficultés particulières ; il est conduit suivant les errements habituels, en admettant des articulations aux nœuds.

3.2.2 Contreventement avec voile en béton

La solution de **contreventement avec voiles en béton armé** est actuellement très répandue ; très souvent, les voiles en cause, disposés transversalement aux bâtiments de forme rectangulaire allongée, constituent également les éléments de transmission des charges verticales (S 4), sans être obligatoirement renforcés par des poteaux. Ils assurent ainsi, dans des conditions économiques, à la fois la transmission des charges de pesanteur et le contreventement dans la direction *transversale* des bâtiments ; cet avantage est évidemment surtout marqué pour les entreprises équipées d'un matériel de coffrage approprié : banches et coffrages-tunnels [C 2 316].

Quant au contreventement *longitudinal* des mêmes bâtiments, il peut lui aussi être obtenu par des voiles disposés dans les plans des façades et des refends longitudinaux. En général, ces voiles ne sont prévus que dans certaines travées, et, pour limiter les inconvénients résultant des variations dimensionnelles sous l'effet du retrait et de la température, il convient de disposer les voiles de contreventement dans des travées voisines du centre des bâtiments, plutôt qu'à une extrémité, et en évitant surtout de les prévoir aux deux extrémités (figure 3).

Le calcul du contreventement par voiles en béton armé soulève notamment deux problèmes :

- a) celui, d'ailleurs général, de la répartition des forces horizontales s'exerçant sur un bâtiment entre les différents pans de contreventement ;
- b) celui de la détermination des efforts dans les éléments de liaison (linteaux) des voiles disposés dans un même plan.

En raison de l'emploi extensif de cette solution, une très abondante littérature technique a été publiée sur ce sujet. En plus du DTU [81], on peut se référer aux études [82] [83] [84] [85] [86] [87] et également à [121].

Des programmes de calcul automatique ont également été établis en grand nombre.

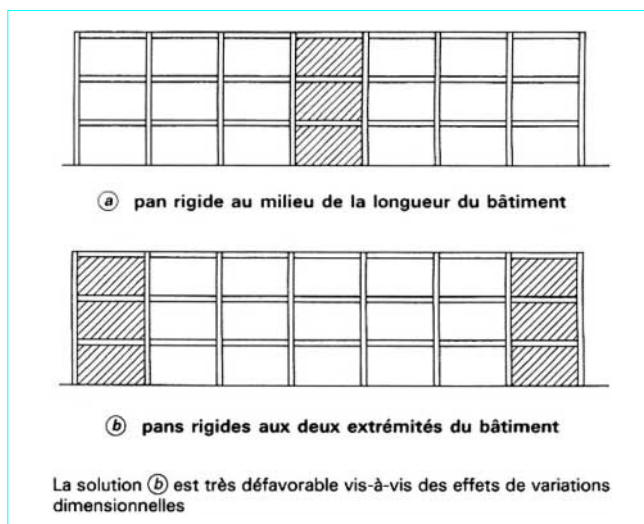


Figure 3 – Contreventement longitudinal d'un bâtiment. Disposition des pans rigides

3.2.3 Contreventement par remplissage en maçonnerie

La solution consistant à assurer le contreventement par des **remplissages en maçonnerie** de résistance suffisante est plus spécialement à retenir dans le cas de bâtiments comportant un nombre limité d'étages. Il faut évidemment être certain que les maçonneries en cause ne sont pas appelées à disparaître ou à être modifiées (perçement ultérieur d'ouvertures). Cette condition est en général réalisée pour certains murs de cages d'escaliers, de séparation entre logements ou entre corps de bâtiment au droit des joints, ou de pignons.

Il n'existe pas de méthode de calcul de caractère réglementaire permettant de déterminer les contraintes dans les panneaux de maçonnerie sous l'action des forces horizontales appliquées aux niveaux des planchers. Quelques essais ont bien été effectués tant en France qu'à l'étranger, mais ils ont été limités à certains types d'ossatures et de remplissage [88]. On est conduit à considérer dans les panneaux des diagonales comprimées fictives, dont on se fixe la largeur par des considérations de bon sens et dont on vérifie que la contrainte reste inférieure aux valeurs normalement admissibles pour les maçonneries en cause.

3.3 Noyau de stabilité des immeubles-tours

La stabilité des immeubles-tours à usage d'habitation et surtout de bureaux est très souvent assurée par un ouvrage situé en partie centrale, constitué par des parois verticales, en voiles de béton armé, disposées suivant des plans orthogonaux, et par les planchers. Cet ensemble trouve le plus souvent sa place dans la zone où sont rassemblées les circulations verticales (ascenseurs et escaliers de secours) et des locaux annexes ne recevant pas la lumière naturelle (salles de bains, toilettes, vestiaires, archives, etc.).

Les parois de ce noyau assurent la transmission d'une partie des charges verticales et, à elles seules, la résistance aux forces horizontales, notamment aux actions du vent. Les éléments verticaux de la structure, tout autour du noyau, n'ont en principe à supporter que des charges verticales.

Dans certains cas, le noyau de stabilité a été réalisé en béton armé, alors que les parties périphériques comportaient une ossature – poutres et poteaux – en métal.

Il faut cependant noter que, dans certains immeubles-tours, ce sont les ossatures des façades qui ont été conçues pour assurer la stabilité sous l'action du vent.

Dans les cas visés au premier alinéa de ce paragraphe, les calculs ne diffèrent pas, dans leurs principes, de ceux correspondant à la solution du contreventement par voiles en béton armé ; il faut déterminer la répartition des efforts entre les différents voiles dans chaque sens et étudier notamment la résistance des linteaux entre éléments de voiles situés dans un même plan (§ 3.2.2).

La solution envisagée au quatrième alinéa relève d'un calcul de portiques à grand nombre de travées et d'étages, qui ne peut guère être abordé que par l'utilisation de programmes de calcul automatique.

3.4 Solutions mixtes

On peut très bien avoir recours à des solutions mixtes, utilisant simultanément plusieurs des solutions mentionnées aux paragraphes 3.1, 3.2 et 3.3. La difficulté essentielle est alors de définir la répartition des forces horizontales entre les divers pans de contreventement, dont les déformabilités peuvent être très différentes en raison de leurs dimensions et de leur constitution.

Enfin, le contreventement longitudinal d'un bâtiment de forme rectangulaire allongée peut très bien être assuré différemment du contreventement transversal : par exemple, ce dernier par voiles en béton armé et le premier par portiques, si l'on peut disposer d'un nombre important de travées.

4. Éléments verticaux porteurs

4.1 Rôle et solutions diverses

Le rôle des éléments verticaux porteurs est, par définition, d'assurer la transmission des charges verticales ; mais, ainsi que nous l'avons vu au paragraphe 3, ils peuvent également intervenir dans la résistance aux actions du vent.

Les solutions possibles se classent en deux grandes catégories :
 – les éléments porteurs sont constitués par des **poteaux** qui, avec les planchers, forment l'ossature des bâtiments ;
 – les éléments porteurs sont constitués par des **voiles en béton armé ou éventuellement non armé**.

Nous avons évoqué (§ 3.2.2) les avantages économiques que peut présenter cette dernière solution associée à des planchers en dalle pleine portant sur les voiles (figure 12).

En ce qui concerne la première solution, on cherche en général, ainsi que nous l'avons vu (§ 3.1), à s'affranchir des calculs en portiques et à adopter des dispositions qui permettent de considérer les poteaux comme sollicités en compression simple, et l'on applique notamment les règles de calcul définies à l'article B 8.1,1 des Règles BAEL pour la détermination des charges verticales, et à l'article B 8.4,1 pour l'évaluation forfaitaire de la force portante des poteaux réputés *soumis à une compression centrée* [C 2 306].

En ce qui concerne les voiles en béton banché, il convient d'appliquer le DTU n° 23.1 [81] qui, non seulement définit les méthodes de calcul, mais fixe aussi des règles de conception et de bonne construction, afin de limiter notamment les risques de pénétration d'eau par insuffisance d'épaisseur ou par fissuration.

4.2 Problèmes posés par les liaisons béton armé-maçonnerie

Les jonctions entre les poteaux et les éléments horizontaux (poutres, linteaux, chaînages) de l'ossature en béton armé, d'une part, et les maçonneries de remplissage, d'autre part, sont des points privilégiés de pénétration d'eau et exigent, de ce fait, une étude spéciale. D'une façon générale, pour toutes les questions concernant les parois et murs de façade en maçonnerie, il est indispensable de se reporter au texte du DTU n° 20.1 (Cahiers du CSTB, septembre et décembre 1985).

En ce qui concerne les **liaisons des remplissages avec les éléments verticaux** de l'ossature en béton armé, on peut adopter une des solutions suivantes :

- si le poteau est en saillie par rapport à la maçonnerie, il est judicieux de prévoir une feuillure dans le poteau (figure 4) ;
- si le poteau et le remplissage sont au même nu extérieur, il convient de prévoir dans l'enduit un joint franc, qui sera calfeutré avec un mastic plastique (figure 5).

Dans certains cas, lorsque les éléments d'ossature et les maçonneries de remplissage sont au même nu, on peut couler l'ossature contre les maçonneries préalablement montées ; toutefois, cette façon de faire, qui peut conduire à une mise en charge des maçonneries, doit faire l'objet d'une étude particulière tenant compte à la fois de la nature du matériau et de la hauteur de l'immeuble (dans certaines circonstances, on a pu constater les fissures horizontales dans les poteaux, par suite du retrait, les charges étant transmises en totalité par les maçonneries).

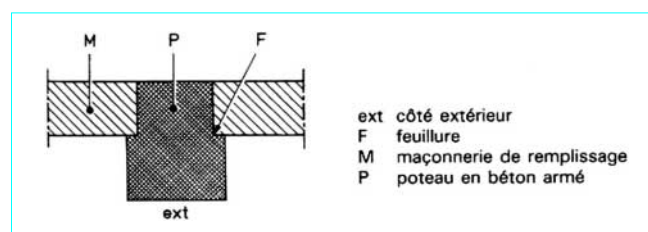


Figure 4 – Poteau avec feuillure en saillie par rapport à la maçonnerie

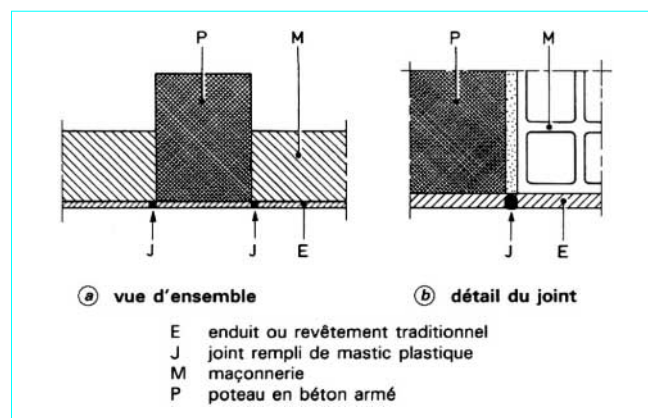


Figure 5 – Poteau en béton armé et remplissage au même nu, avec joint dans l'enduit, rempli de mastic plastique

En ce qui concerne les **liaisons avec les éléments horizontaux**, il convient de prendre les précautions suivantes :

— en premier lieu, il y a intérêt à réduire les sections de béton des poutres de façade, des linteaux et des chaînages pour limiter les inconvénients du retrait (nous reviendrons sur ce point en [C 2 317] ;

— si les maçonneries et les éléments en béton armé sont au même nu, il convient de prendre des dispositions préconisées au DTU n° 20.1 consistant, par exemple :

- à **habiller** extérieurement les éléments en béton par un matériau de même nature que la maçonnerie, pour atténuer les effets des variations dimensionnelles entre matériaux différents,
- à prévoir des joints francs calfeutrés avec un mastic plastique (figure 6),
- à griller l'enduit au droit de l'élément en béton, et de part et d'autre de celui-ci, sur une hauteur d'au moins 15 cm (figure 7).

Le cas où la maçonnerie n'est pas au même nu que les éléments en béton armé implique des dispositions spéciales (DTU n° 20.1).

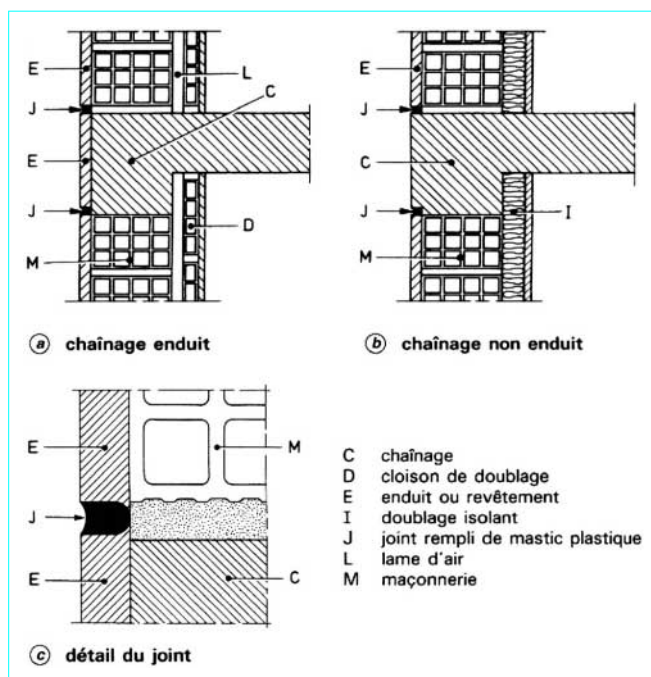


Figure 6 – Joints entre maçonnerie enduite et chaînage en béton armé

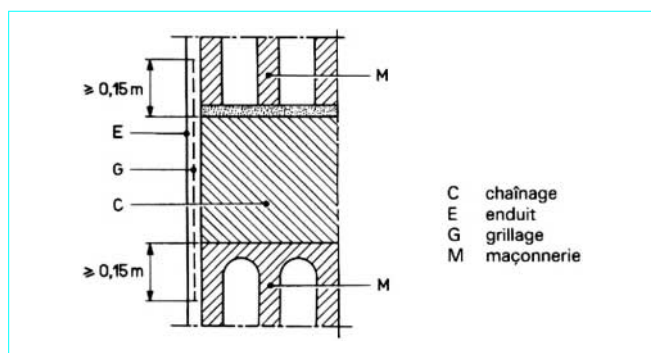


Figure 7 – Solution avec enduit grillagé

5. Planchers

Le rôle essentiel des planchers est d'assurer la transmission des charges verticales aux éléments porteurs de l'ossature (poteaux ou voiles).

Lorsque le contreventement du bâtiment est obtenu par des portiques, ce sont les poutres des planchers qui constituent les traverses des portiques, et elles doivent être étudiées en conséquence.

Même dans les autres solutions de contreventement, les planchers doivent reporter les forces horizontales sur les éléments résistants, et fonctionnent à ce titre comme des poutres horizontales ; il importe alors de voir si la présence de trémies de grandes dimensions n'est pas susceptible de les empêcher de jouer ce rôle.

Les principales solutions que l'on peut adopter sont les suivantes.

5.1 Planchers avec dalle générale, poutres secondaires et principales

C'est la solution la plus classique, mais la présence des retombées de poutres (*soffites*) constitue une gêne dans les bâtiments à usage d'habitation ou similaires, à moins que l'on puisse disposer les poutres au droit des cloisons.

Leur emploi est donc plus spécialement réservé aux constructions industrielles, ou aux garages et parcs de stationnement.

La figure 8 donne un exemple d'application avec répartition régulière des points d'appui. Cette solution conduit en général, dans le cadre d'un projet bien étudié, aux quantités minimales de béton et d'acier, mais la surface de coffrage nécessaire constitue un désavantage.

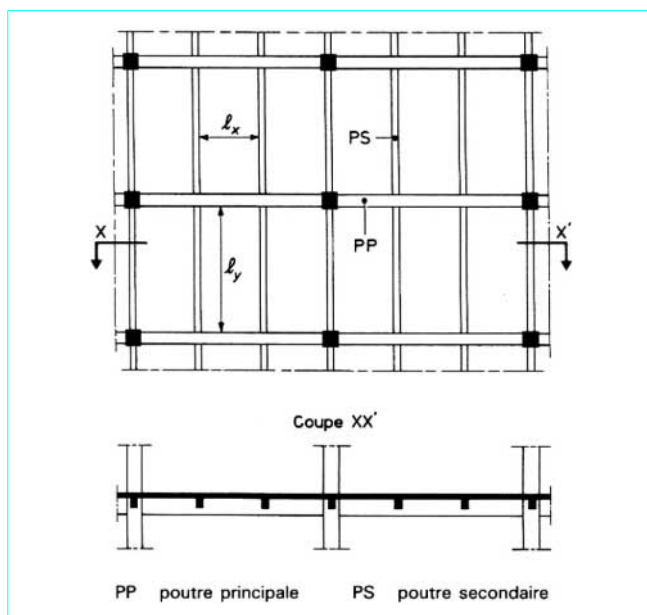


Figure 8 – Plancher avec dalle générale, poutres secondaires et principales

Les méthodes de calcul applicables à de tels planchers sont définies, dans les Règles BAEL :

- pour les planchers à charge d'exploitation modérée, par l'annexe E1, méthode dite *forfaitaire* [C 2 314] ;
- pour les planchers à charge d'exploitation relativement élevée, par l'annexe E2, méthode de A. Caquot [C 2 314].

5.2 Planchers à entrevous

Cette solution a été pendant longtemps très utilisée, dans les planchers des locaux d'habitation ou similaires, sous la forme suivante : les entrevous (alors appelés « corps creux ») en ciment ou en céramique (figure 9) servaient de coffrage pour le coulage de nervures surmontées d'une dalle générale de faible épaisseur (normalement 4 à 6 cm) (figure 10). Elle a quelquefois donné lieu à des désordres de gravité variable, par suite du retrait des entrevous en ciment ou du gonflement de certains entrevous en céramique.

Les Règles BA 1960 et CCBA 1968 fixaient certaines prescriptions concernant ces planchers à « corps creux » dont les nervures et le hourdis étaient bétonnés en place ; de semblables prescriptions n'ont pas été reprises dans les Règles BAEL, car actuellement on a plutôt tendance à mettre en œuvre des **poutrelles préfabriquées**, en béton armé ou en béton précontraint, entre lesquelles sont disposés des entrevous de béton ou de terre cuite ; sur ceux-ci est bétonné un hourdis général avec blocage entre les poutrelles préfabriquées et les entrevous (figure 11).

Les règles particulières à de tels planchers sont données à l'article B 6.8.42 des Règles BAEL [C 2 314].

5.3 Planchers à dalle pleine sur voiles en béton

Nous avons déjà vu les avantages économiques (§ 3.2.2) de cette solution où les planchers sont constitués par des dalles pleines reposant sur des voiles en béton disposés en général perpendiculairement à la grande dimension des bâtiments de forme rectangulaire (figure 12). Il n'y a pas de problèmes de soffites, sauf éventuellement en façades, et les plafonds peuvent être réalisés par simple peinture en sous-face des dalles.

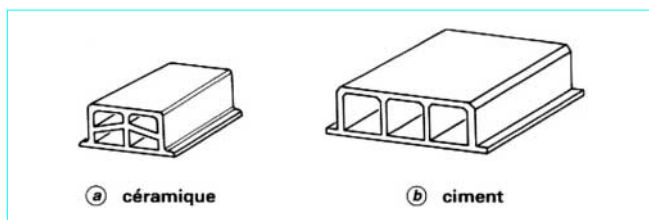


Figure 9 – Entrevous

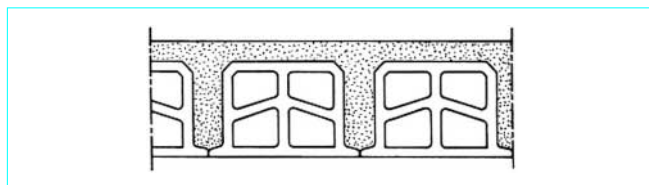


Figure 10 – Plancher à entrevous avec hourdis et nervures bétonnés en place

Pour des questions d'isolation phonique (effet de masse), l'épaisseur minimale est de 15 à 16 cm ; elle convient pour des portées atteignant 5,50 m, rarement dépassées dans les bâtiments d'habitation.

Les dalles en cause portent très souvent dans une seule direction et on peut les calculer par la méthode forfaitaire (annexe E1 des Règles BAEL) ; elles peuvent éventuellement porter dans les deux directions s'il y a possibilité d'avoir des éléments porteurs dans les façades et refends longitudinaux, et l'on peut alors réduire la quantité d'acier dans les dalles, mais en général on doit conserver l'épaisseur de 15 à 16 cm.

5.4 Planchers-dalles

On désigne sous cette dénomination des planchers constitués par une dalle d'épaisseur constante reposant sur des poteaux sans épanouissements en tête ; la dalle est normalement continue sur plus de deux travées dans chaque direction.

La figure 13 donne un exemple de travée courante de plancher-dalle. La méthode de calcul applicable à ces planchers est définie à l'annexe E4 des Règles BAEL [C 2 314].

Une des difficultés rencontrées dans ces planchers résulte de la présence de trémies au voisinage des points d'appui pour le passage des colonnes montantes ou des descentes d'eaux usées ; pour transmettre les charges aux appuis, on est souvent conduit à disposer au voisinage de ceux-ci des poutres noyées dans l'épaisseur du plancher.

Dans certains cas, on a réalisé des dalles reposant à la fois sur des appuis ponctuels (poteaux) et sur des éléments continus d'une certaine longueur (éléments de façade, de refends, de cloisons, d'ailleurs souvent préfabriqués).

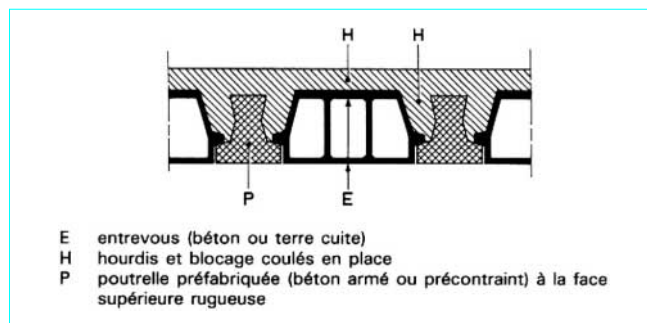


Figure 11 – Plancher à poutrelles préfabriquées et entrevous

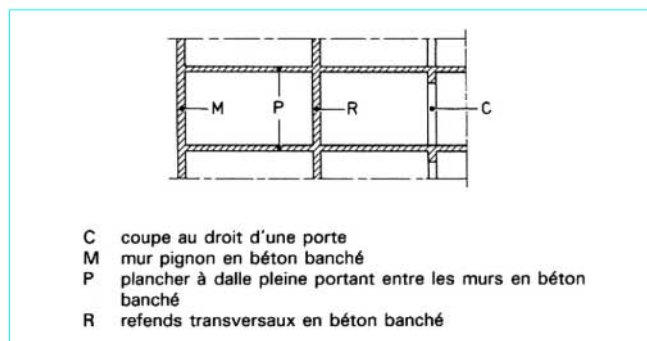


Figure 12 – Plancher à dalle pleine entre refends transversaux porteurs en béton banché (élévation)

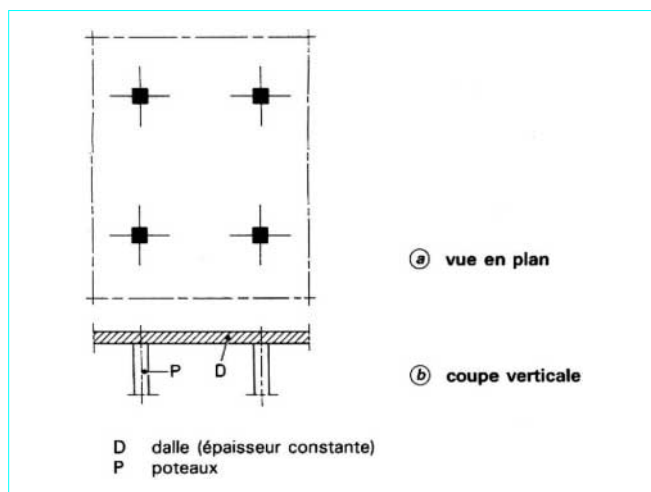


Figure 13 – Travée de plancher-dalle

5.5 Planchers-champignons

Ces planchers sont constitués par une dalle générale reposant sur une trame de poteaux couronnées par des chapiteaux. Ceux-ci ont généralement la forme de troncs de pyramide renversés, à base carrée ou octogonale (éventuellement de troncs de cône).

La figure 14 donne un exemple de travée de plancher-champignon. La présence des chapiteaux rend difficile l'utilisation de ces planchers dans les bâtiments d'habitation ou similaires. Ils sont essentiellement employés dans les bâtiments industriels à charge d'exploitation élevée ; ils sont spécialement intéressants lorsque les trames des points d'appui sont régulières et voisines du carré et lorsqu'il y a continuité sur au moins trois travées dans chaque direction.

Comme pour les planchers-dalles, la méthode de calcul applicable à ces planchers est définie à l'annexe E4 des Règles BAEL [C 2 314].

5.6 Problèmes particuliers des planchers-terrasses

Les planchers-terrasses présentent des caractères spécifiques qui les différencient des planchers des étages courants (article *Étanchéité. Toitures-terrasses* [C 1 045] dans le présent traité) :

- d'une part, ils sont, en raison de leur situation dans les bâtiments, exposés, dans des conditions plus sévères que les planchers courants, aux effets des variations dimensionnelles sous l'action du retrait et des écarts de température ;
- d'autre part, ils servent de support aux revêtements d'étanchéité et doivent, à ce titre, être conçus pour limiter les risques de fissuration.

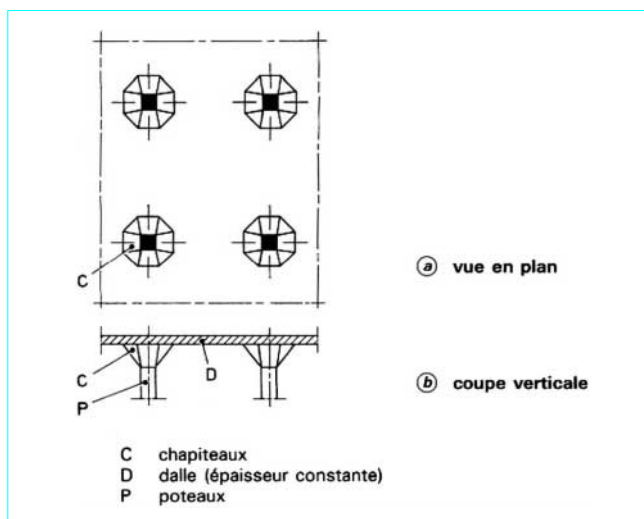


Figure 14 – Travée de plancher-champignon

Les dimensions entre joints de ces planchers sont normalement plus réduites que celles prévues aux étages courants, cette condition étant généralement obtenue par la présence de *joints-diapason* dans la hauteur du dernier étage sous plancher-terrasse [C 2 314].

Les règles particulières concernant le gros œuvre des planchers-terrasses font l'objet du DTU n° 20.12 (Cahiers du CSTB, septembre 1977 et octobre 1977 et de ses additifs 1 et 2 (oct. 1978 et oct. 1981).

6. Emploi d'éléments préfabriqués

Cette étude sur le choix des solutions susceptibles d'être adoptées dans les projets de bâtiments serait incomplète si nous n'évoquions l'utilisation d'éléments préfabriqués dont nous avons brièvement signalé, en [C 2 302], les avantages et les sujétions par rapport au béton armé traditionnel.

Les techniques de préfabrication couvrent une gamme très étendue, depuis la mise en œuvre de simples poutrelles (§ 5.2) ou de pré-dalles [C 2 314] jusqu'à des panneaux complets de murs ou de planchers, voire à des cellules tridimensionnelles. Les revêtements verticaux et horizontaux, et même certains équipements techniques, peuvent être intégrés à la préfabrication. Celle-ci peut être réalisée sur chantier (*préfabrication foraine*) ou dans des usines disposant d'un matériel très évolué et même sophistiqué.

Béton armé : Règles BAEL

par **Jean PERCHAT**

Ingénieur des Arts et Manufactures

Professeur honoraire à l'École spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie

Professeur honoraire au Centre des hautes études de la construction

Références bibliographiques

Traité généraux, formulaires et guides d'emploi

Traité généraux

Les cours de béton armé des écoles ENPC, ECP, ETP de même que le cours de béton armé de J. PERCHAT au CHEC ne sont pas en vente. Ces documents peuvent être consultés dans les bibliothèques spécialisées.

- [1] Cent ans de béton armé. 1949, Éd. Science et Industrie.
- [4] GUERRIN (A.) et LAFAUR (R.C.). – *Traité de béton armé. Tome I : Généralités. Propriétés générales. Mécanique expérimentale du béton armé.* 356 p., 16 × 25, 4^e éd., 1973, Dunod.
- [5] GUERRIN (A.). – *Traité de béton armé. Tome II : Le calcul du béton armé.* 1973, Dunod.
- [9] MONTOYA (P.J.), MESEGUER (A.G.) et MORAN CABRE (F.). – *Hormigon armado.* 1973, Gustavo Gili, Barcelone.
- [11] FAUCHART (J.). – *Initiation au calcul des structures. Béton et acier.* 312 p., 16 × 25, 433 fig., 3^e tirage, 1981, Eyrolles.

Formulaires et guides d'emploi

- [12] CHAMBAUD (R.) et LEBELLE (P.). – *Formulaire du béton armé. Tome I :* 589 p., 17 × 25, 288 fig., 49 tabl., 72 abaques. 3^e éd., 1967, Eyrolles (épuisé).
- [13] COURTAND (M.) et LEBELLE (P.). – *Formulaire du béton armé. Tome II : Application de la Résistance des Matériaux au calcul des structures en béton armé.* 760 p., 14 × 23, 223 fig., 102 tabl., 2^e éd. complétée et refondue par (W.A.) JALIL, 1976, Eyrolles (épuisé).
- [14] JALIL (W.A.), BOUTIN (J.P.) et MICHOT (S.). – *Application des Règles BAEL 91 au cas des bâtiments courants.* Ann. ITBTP, janv. 1992.
- [15] *Guide d'emploi du règlement français de béton armé aux états-limites.* BAEL 83. 1985, 21 × 29,7, 219 p. SETRA (ouvrage complété par un document de synthèse BAEL 91 – BPEL 91, 20 p., 21 × 29,7, 1993, SETRA).
- [16] CAPRA (A.) et DAVIDOVICI (V.). – *Guide pratique d'utilisation des Règles BAEL 80.* 272 p., 21,5 × 30,5, 99 fig., 38 tabl., 145 abaques, 2^e tirage, 1981, Eyrolles (épuisé).
- [17] ISSABRÉ (O.) et KALIPÉ (N.). – *Memento Règles BAEL. Calcul rapide du béton armé.* 160 p., 14,5 × 21, 1982, Éd. Moniteur.
- [18] GUERRIN (A.), LAFAUR (R.C.) et LECROQ (Ph.). – *Guide de béton armé.* 396 p., 16 × 25, 1970, Dunod.
- [19] *Beton Kalender.* Éd. annuelle, Verlag W. Ernst und Sohn.

- [20] DAVIDOVICI (V.). – *Aide-mémoire du béton armé.* 192 p., 13 × 18, 178 fig., 1974, Dunod.

Méthodes de calcul.

Règlements et recommandations

Méthode aux contraintes admissibles

Les références [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] sont anciennes et ne sont citées que pour mémoire.

- [21] *Instructions relatives à l'emploi du béton armé.* Circulaire du 20 oct. 1906, Imprimerie Centrale Administrative.
 - [22] *Règlement sur les constructions en béton armé établi par la Commission d'Études Techniques de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé de France.* 1931, Gauthier-Villars.
 - [23] *Instructions relatives à l'emploi du béton armé dans les ouvrages dépendant du ministère des Travaux Publics et commentaires explicatifs.* Circulaire du 19 juil. 1934, Imprimerie Centrale Administrative.
 - [24] *Règles d'utilisation du béton armé applicables aux travaux dépendant du ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme et aux travaux privés. Règles BA 1945, modifiées en mars 1948.* Documentation Techn. Bât.
 - [25] *Règles d'utilisation des ronds crénelés et lisses pour béton armé de limite élastique supérieure ou égale à 40 kg/mm².* Règles 1948, ronds n^o 40-60. Inst. Techn. Bât.
 - [26] *Règles pour le calcul et l'exécution des constructions en béton armé* (Document Technique Unifié) Règles BA 1960. Documentation Techn. Bât. mars 1961.
 - [27] *Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé (dites Règles CCBA 1968, révisées 1970).* 240 p., 16 × 25, 51 fig., 5^e tirage, 1975, Eyrolles.
 - [28] *Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé.* Circulaire MEL n^o 70-115 du 27 oct. 1970. Fasc. 61 titre VI modifié du CPC. (Le texte de ce document est le même que celui des Règles CCBA 1968, il tient compte des modifications de juil. 1970). BOMET Fasc. Spéc. n^o 70-93 bis.
- Méthodes de calcul à la rupture**
- Ces méthodes n'ont jamais fait, en France, l'objet de textes réglementaires.
- [29] CHAMBAUD (R.). – *Le calcul du béton armé à la rupture.* 1965, Eyrolles (épuisé).
- Méthodes de calcul aux états-limites**
- [30] Recommandations internationales pour le calcul et l'exécution des ouvrages en béton. (Comité Européen du Béton et la Fédération

Internationale de la Précontrainte.) Tome I : *Principes et recommandations.* 91 p., 21 × 29,5, 1970 ; Tome II : *Fascicules annexes. Propositions.* 49 p. 21 × 29,5, 1970, Eyrolles (épuisé).

- [32] *Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états-limites (Règles BPEL 91).* 15,5 × 24, 328 p., 1993, Eyrolles (également CSTB, avr. 1992).
- [33] *Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états-limites (Règles BAEL 91).* 15,5 × 24, 320 p., 1996, Eyrolles (également CSTB, mars 1992 et J.O. 1994).
- [33bis] *Eurocode 2 « Calcul des structures en béton »* et Document d'Application Nationale, Norme NF P 18-711-0 (ENV 1992-1-1), AFNOR 1992.

Matériaux

Béton

Se reporter à la bibliographie des articles de la rubrique Béton hydraulique.

Acier

- [34] *Armatures pour béton armé.* Titre I^{er} du fascicule 4 du CCTG n^o spécial 83-14 bis du BOUL T. et E.
- [35] Liste des armatures bénéficiant du droit d'usage de la marque NF « Armatures pour béton armé ». AFCAB.
- [36] Collection des normes A35-015 à A35-030 « Armatures pour béton armé » (pour connaître le titre et la dernière édition de chacune d'elles, se reporter au Catalogue des normes AFNOR, mis à jour chaque année).
- [36bis] Norme NF A 35-018 *Armatures pour béton armé – Aptitude au soudage*, AFNOR, juil. 1984.

Actions et sollicitations

- [37] *Instructions techniques sur les directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions.* Circulaire n^o 79-25 du 13 mars 1979. BOMET Fasc. Spéc. 79-12 bis.
- [38] *Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, titres I et III du fascicule 61 du CPC.* Circulaire n^o 65 du 19 août 1960. Titre I : *Programmes de surcharges et épreuves des ponts rails.* Titre III : *Programme de charge et épreuve des ponts canaux.* BOMET Fasc. Spéc. n^o 60-17 bis.
- [39] *Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, titre II du fascicule 61 du CPC. (Programme de charges et épreuves des ponts routiers).* Circulaires n^o 71-155 du 29 déc. 1971 et n^o 75-156 du 30 déc. 1971. BOMET Fasc. Spéc. n^o 72-21 bis.

BÉTON ARMÉ : RÈGLES BAEL

- [39bis] Règles N 84 – Actions de la neige sur les constructions (DTU P06-006), août 1987. CSTB.
- [40] Bases de calcul des constructions – Charges d'exploitation des bâtiments. NF P06-001, AFNOR, juin 1986.
- [41] Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes (Règles NV 65 révisées), 15 × 24, 392 p., 1994, Eyrolles (contient aussi les Règles N 84 [39bis]).
- [42] Règles parasismiques 1969, révisées 1982 dites Règles PS 69/82 et annexes (janv. 1984), 15,5 × 24, 272 p., 1995, Eyrolles.
- [42bis] Règles PS applicables aux bâtiments (Règles PS 92), 17 × 24, 288 p., 1996, Eyrolles.

Solicitations normales

État-limite ultime de résistance

- [43] RÜSCH (H.), GRASSER (E.) et RAO (P.S.). – Principes de calcul du béton armé sous des états de contraintes monoaxiaux. Bull. Information CEB n° 36, juin 1962.
- [44] Manuel de calcul CEB-FIP Bending and Compression. 111 p., 21,5 × 30,5, nombreux abaques, 1982, Construction Press.
- [45] GRASSER (E.). – Bemessung der Stahlbetonbauteile, Beton-Kalender. 1975, Verlag W. Ernst und Sohn.
- [46] JALIL (W.A.), MORISSET (A.) et PERCHAT (J.). – Calcul du béton armé à l'état-limite ultime. Abaques en flexion simple et composée conformes aux Règles BAEI 412 p., 16 × 25, 305 fig., 22 tabl., 1976, Eyrolles (épuisé).
- [47] JALIL (W.A.) et PERCHAT (J.). – Calcul pratique du béton armé à l'état-limite ultime (BAEL). Ann. ITBTP, janv. 1977.

Voir également [147] [148] [149] et [167] [168].

État-limite ultime de stabilité de forme

- Voir également références [73] [74] [75] [76] [77] [78] [79] [80].
- [48] Manuel de calcul CEB-FIP Flambement-instabilité. Bull. Information CEB n° 103, juil. 1975.
- [49] MORISSET (A.). – Stabilité des piles et des pylônes. Ann. ITBTP, janv. 1976.

États-limites de service

- [50] Manuel de calcul CEB-FIP Fissuration et déformation. Bull. Information CEB n° 143, déc. 1981 (en anglais).
- [51] JACCOUD (J.P.) et FAVRE (R.). – Flèche des structures en béton armé. Vérification expérimentale d'une méthode de calcul. Ann. ITBTP, juil.-août 1982.
- Voir également [164].

Solicitations tangentes

Effort tranchant

- [52] Manuel de calcul CEB-FIP Effort tranchant-Torsion. Bull. Information CEB n° 92, juin 1973.
- Voir également [165] [166].

Torsion

- Voir également [52].
- [53] ROBINSON (J.R.). – Éléments constructifs spéciaux du béton armé. (Poutres soumises à la torsion, poutres-cloisons, consoles courtes, semelles de fondations, articulations). 1975, Eyrolles
- [54] FAUCHART (J.). – Rupture des poutres de section rectangulaire en béton armé ou précontraint, par torsion et flexion circulaire combinées. Ann. ITBTP, janv. 1973.

Solicitations d'adhérence

- [55] ROBINSON (J.R.), ZSUTTY (T.C.), GUIORGADZÉ (G.), LIMA (L.J.), HOANG LONG HUNG et VILLATOUX (J.P.). – La couture des jonctions par adhérence. Ann. ITBTP, juin 1974.

- [56] Bond action and bond behaviour of reinforcement. Bull. Information CEB n° 151, déc. 1981.
- [57] FAUCHART (J.) et HOANG LONG HUNG. – Ancrage des treillis soudés formés de fils bruts de tréfilage de forme cylindrique. Ann. ITBTP, avr. 1973.

Dispositions constructives

- [58] Manuel : Technology of reinforcement. Bull. Information CEB n° 140.

Voir également références [167] [168].

Ossatures des bâtiments

Ouvrages généraux

- [59] COIN (A.). – Ossatures des bâtiments. (Bases de la conception. Différentes catégories d'ouvrages élémentaires. Annexes sur l'isolation et la sécurité). 256 p., 15,4 × 24,3, nombreux abaques, tabl., fig., 4^e éd., 1981, Eyrolles (épuisé).
- [60] FUENTES (A.). – Béton armé. Calcul des ossatures (Torsion - Flambement - Oscillations - Déformations plastiques), 15,5 × 24, 232 p., 1987, Eyrolles.
- [61] GUERRIN (A.). – Traité de béton armé. Tome IV : Ossatures d'immeubles et d'usines. Planchers. Escaliers. Encorbellements. Ouvrages divers du bâtiment. 1973, Dunod.
- [62] FUENTES (A.). – Comportement post-élastique des structures en béton armé, 15,5 × 24, 136 p., 1988, Eyrolles.

Voir également [158].

Dalles

- [63] LHEUREUX (P.). – Calcul des plaques rectangulaires minces au moyen des abaques de M. l'Inspecteur Général Pigeaud. 1957, Gauthier-Villars.
- [64] PÜCHER (A.). – Einflussfelder elastischer Platten. 1973, Springer Verlag.
- [65] LEBELLE (P.). – Calcul à rupture des hourdis et plaques en béton armé. Ann. ITBTP, janv. 1955.
- [66] ALBIGÈS (M.) et FREDERIKSEN (M.). – Calcul à la rupture des dalles par la théorie de Johansen. Ann. ITBTP, janv. 1960.
- [67] BERNAERT (S.), HAAS (A.M.) et STEINMANN (G.A.). – Calcul des dalles et structures planes aux états-limites. Ann. ITBTP, mai 1969.
- [68] COMITÉ EUROPÉEN DU BÉTON. – Annexes aux recommandations internationales pour le calcul et l'exécution des ouvrages en béton. Tome III. Annexe 5 : Dalles et structures planes. 1972, Eyrolles.

Poutres de planchers

- [69] REIMBERT (M. et A.). – Calcul rapide des poutres continues par la méthode de M. Caquot. Applications pratiques. Calculs d'avant-projets. Formulaire. 1960, Eyrolles.

Voir également [150].

Parois fléchies. Consoles courtes

- Voir également [53].
- [70] LEONHARDT (F.) et ALBIGÈS (M.). – Poutres-cloisons et recommandations internationales du CEB pour le calcul des poutres-cloisons. Ann. ITBTP, janv. 1970.
- [71] Recommandations provisoires du Bureau Securitatis concernant les parois fléchies, les consoles courtes, le pourcentage minimal des armatures longitudinales dans les éléments de béton armé extérieurs aux bâtiments. Ann. ITBTP, mai 1974.

Planchers-champignons et planchers-dalles

- [72] DAVIDOVICI (V.) et JALIL (W.A.). – Planchers-dalles. Étude comparative des diverses méthodes de calcul. Ann. ITBTP, déc. 1969.

Poteaux

- [73] ROBINSON (J.R.) et MODJABI (S.S.). – La prévision des charges de flambement des poteaux en béton armé par la méthode de M. P. Faessel. Ann. ITBTP, sept. 1968.

- [74] FAESSEL (P.), MORISSET (A.) et FOURÉ (B.). – Le flambement des poteaux en béton armé. Ann. ITBTP, mai 1973.

- [75] FAESSEL (P.), ROBINSON (J.R.) et MORISSET (A.). – Tables d'états-limites ultimes des poteaux en béton armé. 1971, Eyrolles (épuisé).

- [76] CAPRA (A.). – Flambement des poteaux en béton armé soumis à des forces horizontales. Abaques de calcul. Ann. ITBTP, janv. 1975.

- [77] ROBINSON (J.R.), FOURÉ (B.) et SAHEBDJEM (A.). – Flambement des poteaux carrés en béton chargés hors d'un plan de symétrie. Ann. ITBTP, avr. 1975.

- [78] ROBINSON (J.R.), FOURÉ (B.) et BOURGHLI (A.V.). – Le flambement des poteaux en béton armé chargés avec des excentricités différentes à leurs extrémités. Ann. ITBTP, nov. 1975.

- [79] COIN (A.). – États-limites ultimes de poteaux liés. Ann. ITBTP, oct. 1975.

- [80] HINDIÉ (N.). – Méthode pratique de calcul pour ordinateur de poche HP67 des états-limites ultimes au flambement des poteaux rectangulaires en béton armé d'après la méthode de Faessel. Ann. ITBTP, oct. 1977. (Le programme demanderait à être adapté aux outils modernes).

Murs et contreventements

- [81] DTU 23-1. – Parois et murs en béton banché, fév. 1990. CSTB.
- [82] ALBIGÈS (M.) et GOULET (J.). – Contreventement des bâtiments. Ann. ITBTP, mai 1960.
- [83] DECAUCHY (A.). – Contreventement des bâtiments. Ann. ITBTP, janv. 1964.
- [84] GRINDA (L.). – Calcul des voiles de contreventement des bâtiments à étages. Ann. ITBTP, juil.-août 1967.
- [85] COIN (A.), DECAUCHY (A.) et COLLIGNON (J.P.). – Murs de contreventement à ouvertures multiples. Ann. ITBTP, févr. 1971.
- [86] DESPEYROUX (J.) et GUILLOT (V.). – Problèmes de contreventement. Ann. ITBTP, févr. 1972.
- [87] COIN (A.). – États-limites ultimes des murs porteurs. Ann. ITBTP, janv. 1975.
- [88] BONVALET (C.), GIRARD (J.), ILANTZIS (A.) et WIANECKI (J.). – Influence des remplissages dans les bâtiments à ossature soumis aux efforts horizontaux dus au vent et aux séismes. Ann. ITBTP, déc. 1970.

Fondations

Voir également [53].

- [89] DTU 13-12. Règles pour le calcul des fondations superficielles, mars 1988 (et erratum, nov. 1988) [AFNOR, DTU P11-711]. CSTB.
- [90] DTU 13-2. Travaux de fondations profondes pour le bâtiment, 1991, CSTB.
- [91] Pieux en béton armé moulés d'avance. Ann. ITBTP, juin 1961.
- [92] LEBELLE (P.). – Semelles de béton armé. 1936, Mémoires Assoc. Intern. Ponts Charpentiers.
- [93] GUERRIN (A.). – Traité de béton armé. Tome III : Les fondations. 1974, Dunod.
- [94] BLÉVOT (J.) et FRÉMY (R.). – Semelles sur pieux. Méthodes de calcul. Compte rendu d'essais. Dispositions constructives. Ann. ITBTP, févr. 1967.
- [95] JALIL (W.A.). – Fondations annulaires et circulaires d'ouvrages de révolution. Ann. ITBTP, juin 1969.

Cuvelages

- [96] DTU 14-1. Travaux de cuvelage, oct. 1987 et juin 1988, CSTB.

Constructions particulières

Charpentes et couvertures

- [97] HAHN (J.). – Voiles minces réglés. Voiles cylindriques, coniques, conoïdes et conoï-

daux. *Méthode de calcul simplifiée*. 1966, Eyrolles.

- [98] DIVER (M.) et FARGETTE (F.). – *Étude des voiles plissées*. Ann. ITBTP, mars-avr. 1968.
- [99] GUERRIN (A.). – *Traité de béton armé*. Tome V : *Toitures, voûtes, coupoles*. 1970, Dunod.
- [100] PADUART (A.). – *Les voiles minces en béton armé*. 1969, Eyrolles.
- [101] COIN (A.) et JOURNET (H.). – *Cours de voiles minces*. 1971, Eyrolles.

Réservoirs, cuves, châteaux d'eau et piscines

- [102] *Réservoirs et cuves en béton armé*. Ann. ITBTP, févr. 1960.
- [103] *Recommandations professionnelles* (mai 1990) pour le calcul, la réalisation et l'étanchéité des réservoirs, cuves, bassins, châteaux d'eau enterrés, semi-enterrés, aériens, ouverts ou fermés. Ann. ITBTP, sept. 1990.
- [104] GUERRIN (A.). – *Traité de béton armé*. Tome VI : *Réservoirs, châteaux d'eau, piscines*. 1972, Dunod.
- [105] *Cahier des Charges applicable à la construction des bassins de piscine à structure en béton*. Ann. ITBTP, mai 1977 (en révision ; voir [179]).

Silos

- [106] *Règles professionnelles de conception et de calcul des silos en béton armé ou précontraint*. Ann. ITBTP, juil.-août 1986.
- [107] ALBIGES (M.) et LUMBROSO (A.). – *Silos à cellules principales circulaires et intermédiaires en as de carreau*. Ann. ITBTP, déc. 1964.
- [108] LUMBROSO (A.). – *Détermination numérique des sollicitations exercées par la matière ensilée dans les silos*. Ann. ITBTP, mars-avr. 1970.
- [109] REIMBERT (M. et A.). – *Silos. Traité théorique et pratique*. 1971, Eyrolles.
- [110] LUMBROSO (A.). – *Bases scientifiques du calcul des enceintes renfermant des massifs pulvérulents et du calcul des silos*. Ann. ITBTP, janv. 1977.
- [111] LEBÈGUE (Y.) et BOUDAKIAN (A.). – *Bases des règles « Silos » du SNBATI - Essais sur les produits et principes des formules « Silos »*. Ann. ITBTP, août-sept. 1989.

Soutènements

- [112] GUERRIN (A.). – *Traité de béton armé*. Tome VII : *Murs de soutènement et murs de quai*. 1972, Dunod.

Tours et cheminées

Voir également [121].

- [113] *Règles applicables à la construction des cheminées en béton armé*. Ann. ITBTP, avr. 1971.
- [114] *Règles applicables à la construction des tours en béton armé*. Ann. ITBTP, mai 1971.
- [115] DIVER (M.). – *Étude des cheminées en béton armé*. Ann. ITBTP, mai 1966.
- [116] DIVER (M.). – *Calcul pratique des cheminées en béton armé*. Ann. ITBTP, mai 1969.
- [117] JALIL (W.A.), LEJAY (J.), FERBECK (M.) et GROVALET (Y.). – *Problèmes spécifiques concernant le calcul des tours et cheminées en béton armé*. Ann. ITBTP, juin 1973.

Immeubles de grande hauteur

- Voir également [81] [82] [83] [84] [85] [86] [87] [88] et [127].
- [118] DAVIDOVICI (V.). – *Effets des variations linéaires dans les bâtiments de grande hauteur*. Ann. ITBTP, sept. 1967.
- [119] LAREDO (M.). – *Théorie générale du comportement des grandes structures spatiales*.

Application par les gros ordinateurs. Ann. ITBTP, févr. 1969.

- [120] DIVER (M.). – *Calcul pratique des tours en béton armé. Action du vent, bâtiments-tours, tours de section annulaire*. 1972, Dunod.
- [121] CMI. – *Congrès international sur la conception et l'étude des immeubles de grande hauteur*. Université de Lehigh (USA), 21-26 août 1972. (Traduit de l'anglais) (27 fascicules) 1972, Eyrolles.

Ponts

Voir également [63] [64] [65] [66] [67] [68].

- [122] THÉNOZ (M.). – *Calcul des dalles (hourdis des ponts à poutres)*. Bull. Techn. SETRA n° 1, mai 1972.
- [123] ROBINSON (J.R.). – *Piles, culées et cintres de ponts*. 1958, Dunod.

Autres constructions ou éléments de constructions

- [124] GUERRIN (A.). – *Traité de béton armé*. Tome IX : *Constructions diverses*. 1969, Dunod.
- [125] FAESSEL (P.). – *Le calcul des réfrigérants à tirage naturel*. Ann. ITBTP, avr. 1971.
- [126] DIVER (M.). – *Considérations sur le calcul des réfrigérants atmosphériques*. Ann. ITBTP, sept. 1977.

Résistance au feu

- [127] *Sécurité contre l'incendie* (Réglementation) Texte n° 1011. 1974. Direction des Journaux Officiels.
- [128] *Règles FB (DTU 92-701) Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton*, oct. 1987, CSTB.
- [129] COIN (A.). – *Rotules plastiques des dalles soumises au feu*. Ann. ITBTP, mars 1978.
- [130] COIN (A.). – *Calcul élastique d'une poutre en béton dans un champ de température*. Ann. ITBTP, juil.-août 1974.

Préfabrication

- [131] DTU 21.3 *Dalles et volées d'escalier préfabriquées, en béton armé, simplement posées sur appuis sensiblement horizontaux*, CSTB, oct. 1970.
- [132] CEB. – *Recommandations internationales pour les structures en panneaux*. 1969, Eyrolles.

Exécution des ouvrages

- [133] *Exécution des ouvrages de Génie Civil en béton armé ou précontraint*. Fascicule 65 du CCTG. Fascicule spécial n° 85-30 bis du BOMUL T et E.
- [134] *Recommandations pour la réalisation des étalements*. Ann. ITBTP, avr. 1974.
- [135] *Coffrages glissants*. Ann. ITBTP, juil.-août 1976.
- [136] DINESCO (T.). – *Les coffrages glissants*. Technique et utilisation. 1968, Eyrolles (épuisé).

Voir également [191] [192].

Pathologie

- [137] CHARON (P.). – *Comment éviter les erreurs dans les études de béton armé*. 1973, Eyrolles (épuisé).
- [138] BLÉVOT (J.). – *Pathologie des constructions en béton armé*. Ann. ITBTP, sept. 1974.
- [139] BLÉVOT (J.). – *Enseignements tirés de la pathologie des constructions en béton armé*. 1975, Eyrolles (épuisé).

Estimation des ouvrages

- [140] SNBATI. – *Nomenclature codifiée des ouvrages ou tâches élémentaires et temps moyens*. 172 p., 21 × 27.

- [141] MAUVERNAY (J.). – *La détermination des poids d'acier dans le béton armé. Méthode rapide et précise d'avant-métré*. 1973, Eyrolles.

Béton léger

- [142] *Recommandations provisoires pour l'utilisation des bétons de granulats légers*. Ann. ITBTP, mars 1976.
- [143] *Recommandations provisoires pour l'emploi du béton léger dans les ouvrages dépendant de la Direction des Routes et de la Circulation routière au ministère de l'Équipement*. SETRA-LCPC, déc. 1976.
- [144] BRACHET (M.), ADAM (M.), PERCHAT (J.) et VIRLOGEUX (M.). – *Bilan et perspective d'emploi des bétons légers de structure*. Ann. ITBTP, déc. 1976.
- [145] LEWICKI (B.). – *Dalles de planchers et de toitures en béton léger armé ou précontraint*. (Traduit du polonais), 1968, Eyrolles.

Voir également [186] et [205].

Liste complémentaire

- [146] *Système international de réglementation technique unifiée des structures*. Vol. I : *Règles unifiées communes aux différents types d'ouvrages et de matériaux* ; Vol. II : *Code Modèle CEB-FIP pour les structures en béton*. Bull. Information CEB n° 124/125-F, avr. 1978.
- [147] THONIER (H.). – *Détermination des quantités d'acier pour dalles, poutres, poteaux, semelles et escaliers en béton armé*. Ann. ITBTP, oct. 1985.
- [148] THONIER (H.). – *Portée de calcul des éléments fléchis en béton armé*, Ann. ITBTP, juin 1987.
- [149] THONIER (H.), HACHEMI-SAFI (V.) et RAHIMI-MIAN (M.). – *Béton armé aux états-limites*. Ann. ITBTP, mai 1979.
- [150] THONIER (H.). – *La redistribution des moments d'une poutre continue en béton armé*. Ann. ITBTP, févr. 1982.
- [151] DOUBRÈRE (J.C.). – *Cours pratique de béton armé* (Règles BAEL 83). 15,5 × 24, 168 p., 1988, Eyrolles.
- [152] BOUCHART (J.M.), CIBOIS (G.) et de HARO (G.). – *Initiation au béton armé* (Règles BAEL 83). Eyrolles.
- [153] ALBIGES (M.) et MINGASSON (M.). – *Théorie et pratique du béton armé aux états-limites*. 15,4 × 24,3, 344 p., 1981, Eyrolles (épuisé).
- [154] CHARON (P.). – *Calcul des ouvrages en béton armé suivant les Règles BAEL 83. Théorie et applications*. 15,4 × 24,3, 484 p., 1986, Eyrolles.
- [155] CHARON (P.). – *Exercices de béton armé avec leurs solutions selon les Règles BAEL 83*. 16 × 25, 304 p., 1985, Eyrolles.
- [156] FUENTES (A.). – *Le béton armé après fissuration* (État de service, état-limite ultime, ductilité. Mécanismes de rupture des structures hyperstatiques). 15,5 × 24, 136 p., 1987, Eyrolles.
- [157] FUENTES (A.), LACROIX (R.) et THONIER (H.). – *Traité de béton armé*. 16 × 25,4, 632 p., 1982, Eyrolles (additif Règles BAEL 83).
- [158] FUENTES (A.). – *Béton armé. Calcul des ossatures*. 1978, Eyrolles (épuisé).
- [159] PERCHAT (J.). – *Mémentos Eyrolles : Calcul du béton armé selon les Règles BAEL : BAEL 1. 20 p., 10 × 21, pliage accordéon, 1981, (épuisé) ; BAEL 2. 20 p., 10 × 21, pliage accordéon, 1981.*
- [160] ARTOPOEUS (J.), FOURÉ (B.), HUEBER (J.) et PERCHAT (J.). – *Manuel d'application des Règles BAEL*. 196 p., 15 × 23, 153 fig., 19 tabl.,

- 12 abaques, 1981, Syndicat Nat. Béton Armé et Techn. Industrialisées.
- [161] CAPRA (A.) et HAUTCEUR (M.). – *Calcul en flexion simple ou composée à l'état-limite ultime des sections rectangulaires en béton armé. Abaques d'optimisation*. Ann. ITBTP, sept. 1979.
- [162] ARIBERT (J.M.) et WATTECAMPS (C.). – *Méthode pratique commune de calcul élastique et aux états-limites ultimes des sections de béton armé en flexion simple, composée et déviée*. Ann. ITBTP, juil.-août 1979.
- [163] BLÉVOT (J.). – *Les annexes F des Règles BAEI 80*. Ann. ITBTP, mars 1981.
- [164] FAVRE (R.), KOPRNA (M.) et RADOJICIC (A.). – *Effets différés. Fissuration et déformations des structures en béton*. 191 p., 16,1 x 24, nombreux fig. et abaques, 1980, Georgi Éd.
- [165] *Shear and torsion*. Bull. Information CEB n° 126, juin 1978.
- [166] *Shear, torsion and punching*. Bull. Information CEB n° 146, janv. 1982.
- [167] *Industrialization of reinforcement*. Bull. Information CEB n° 152.
- [168] *Detailing of concrete structures*. Bull. Information CEB n° 150.
- [169] MOUGIN (J.P.). – *Abaques pour le calcul des dalles rectangulaires articulées sur leur contour*. Ann. ITBTP, juil.-août 1985.
- [170] MOUGIN (J.P.). – *Abaques pour la détermination rapide des sections d'armatures dans les sections rectangulaires soumises à la flexion simple*. Ann. ITBTP, nov. 1985.
- [171] MOUGIN (J.P.). – *Béton Armé (BAEI 91 et DTU associés)* 17 x 24, 296 p., 1995, Eyrolles.
- [172] MOUGIN (J.P.). – *Cours de béton armé BAEI 91. Calcul des éléments simples et des structures de bâtiments*. 17 x 24, 288 p., 1992, Eyrolles.
- [173] MOUGIN (J.P.) et PERROTIN (P.). – *Formules simples pour le prédimensionnement des sections de poutres en béton armé compte tenu du règlement BAEI 91*. Ann. ITBTP, nov. 1994.
- [174] NICOT (R.) et RIAUX (H.). – *Abaques et détermination de la longueur des armatures placées « en chapeau » sur les appuis des poutres et des dalles en béton armé*. Ann. ITBTP, janv. 1989.
- [175] BOUTIN (J.P.). – *Pratique du calcul de la résistance au feu des structures*. 14,5 x 21,5, 128 p., 1983, Eyrolles.
- [176] CPT Planchers. – Titre II : *Dalles pleines confectionnées à partir de prédalles préfabriquées et de béton coulé en œuvre*. CSTB.

- [177] *Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de Génie Civil*, fascicule 62, titre V du CCTG, N° 93-3, TO du BOMELT.
- [178] *Travaux de dallage. Règles professionnelles*. Ann. ITBTP, mars-avr. 1990.
- [179] *Construction des châteaux d'eau en béton armé, en béton précontraint ou en maçonnerie, et des ouvrages annexes*. CCTG, fascicule 74, n° spécial 83-14 sexes du BOUL T et E.
- [180] *Cahier des charges applicable à la construction des cuves à vin en béton armé*. Ann. ITBTP, oct. 1980 (en révision ; voir [179] chapitre D).
- [181] *Ouvrages de soutènement*. Mur 73. Dossier pilote. 21 x 29,7, 285 p., 1988, SETRA, Bagneux.
- [182] *Guide pour l'étude et la réalisation des soutènements*. 15 x 21, 89 p., sept. 1981, SEDIMA.
- [183] *Règles de calcul des soutènements (projet de norme, établi par le BNTEC, 1992, non publié)*.
- [184] LOGEAS (L.). – *Pathologie des murs de soutènement*, Éditions du Moniteur, 1982.
- [185] *Règles professionnelles applicables à la construction des réfrigérants atmosphériques en béton armé* (SNBATI, 1986 ; non publiées).
- [186] *Constructions en béton léger*. AITEC Rome, 1974, CEMBUREAU.
- [187] *CEB-FIP Model Code 1990. Design code*. 21 x 29,7, 437 p., 1993, Thomas Telford Ltd.
- [188] ADETS. – *Le treillis soudé. Calcul et utilisation conformément aux Règles BAEI 91*. 21 x 29,7, 405 p., GIE TS Promotion 1992.
- [189] *Exécution des ouvrages de Génie Civil en béton armé ou précontraint*. Fascicule 65A du CCTG, n°s spéciaux 92-8 et 93-2, TO du BOMELT.
- [190] DTU 21. – *Exécution des travaux en béton (norme NF P18-201) et additif n° 1 relatif aux marches préfabriquées indépendantes en béton armé, pour escaliers*, CSTB, mai 1993.
- [191] PIERRE (F.). – *Les coffrages pour le béton armé*. 15,4 x 24,3, 196 p., 1980, Eyrolles (épuisé).
- [192] *Manuel de technologie « Coffrage »*. Publication 85, CIB (Conseil International du Bâtiment), 1985.
- [193] LORRAIN (M.) et HIMINIZ (A.). – *Incidence de défauts d'exécution sur la résistance et la stabilité d'éléments de structures en béton armé*. Ann. ITBTP, fév. 1982.
- [194] *Renforcement et réparation des structures*. Ann. ITBTP, janv.-fév. 1983.
- [195] *Techniques de réparation et de renforcement des ouvrages en béton* (AFPC-SNBATI-

- STRRES) : 7 fascicules 15 x 21 : 1. *Guide Général* ; 2. *Reprise du béton dégradé* ; 3. *Béton projeté* ; 4. *Traitement des fissures et protection du béton* ; 5. *Précontrainte additionnelle* ; 6. *Armatures passives additionnelles* ; 7. *Réparations et renforcements en fondation*, SEDIMA, 1985.
- [196] POINEAU (D.), THEILLOUT (J.) et CUSIN (F.). – *Réparation et renforcement des structures de bâtiment et d'ouvrages d'art. Application des techniques de tôles collées et de précontrainte additionnelle*, Ann. ITBTP, fév. 1992.
- [197] KAVYRCHINE (M.). – *Quelques aspects du comportement du béton de structure lié à l'influence des zones tendues ou fissurées*. Ann. ITBTP, mai 1980.
- [198] CHARIF (H.) et JACCOUD (J.P.). – *Calcul des déformations des structures en béton et étude de leur réduction grâce à l'utilisation des BHP*, Ann. ITBTP, fév. 1993.
- [199] PERCHAT (J.). – *Règlements étrangers de béton armé. Étude comparative des Codes CEB - BSI - DIN - ACI*. 1982, Eyrolles (épuisé).
- [200] PERCHAT (J.) et ROUX (J.). – *Pratique du BAEI 91*. 17 x 24, 416 p., 1998, Eyrolles.
- [201] PERCHAT (J.) et ROUX (J.). – *Maîtrise du BAEI 91 et des DTU associés*. 17 x 24, 408 p., 1998, Eyrolles.
- [202] SOCOTEC. – *Logiciels de calculs de béton armé (disquette plus manuel d'utilisation) : section rectangulaire ou en T, flèche*. 14,5 x 20, 88 p., 1987, Eyrolles.
- [203] *Présentation et discussion du projet d'Eurocode 2 : Constructions en béton*. Ann. ITBTP, déc. 1990 et janv. 1991.
- [204] LEVI (F.), MARRO (P.) et THONIER (H.). – *La vérification des contraintes tangentielles suivant l'Eurocode 2*, Ann. ITBTP, nov. 1992 (comparaisons) et mars-avr. 1994 (compléments).
- [205] *Bétons de granulats légers. Manuel CEB-FIP*. Ann. ITBTP, janv., mai et déc. 1980.
- [206] *CEB-FIP Model Code 90. Selected justification notes*. 21 x 29,7, 248 p., Bulletin d'information n° 217 du Comité Euro-international du Béton, 1993.
- [207] LUMBROSO (A.). – *Étude d'ensemble des enceintes de stockage renfermant des masses pulvérulentes et calcul des halles et magasins de stockage*, Ann. ITBTP, déc. 1989.
- [208] TRINH (J.). – *Résistances du béton aux forces concentrées. Première partie : cas du béton non armé*, Ann. ITBTP, nov. 1985.
- [209] TOFANI (R.). – *Calcul et contrôle des prix dans les entreprises de bâtiment et de travaux publics*, Éd. du Moniteur, 1980.

Organismes

France

Association française pour la certification des armatures.
Association française pour la construction AFC.
Association française de normalisation AFNOR.
Association technique pour le développement de l'emploi du treillis soudé ADETS.
Bureau Veritas.
Centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics CEBTP.
Centre scientifique et technique du bâtiment CSTB.
Institut technique du bâtiment (ex. ITBTP).
Laboratoire central des ponts et chaussées LCPC.
Service d'études techniques des routes et autoroutes SETRA.
Syndicat national du béton armé et des techniques industrialisées SNBATI.
Société de contrôle technique SOCOTEC.

Allemagne (République Fédérale d')

Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e.V.
Deutscher Betonverein e.V. DBV.

Deutsches Institut für Normung e.V. DIN.
Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau.

Belgique

Fédération de l'industrie cimentière FIC.
Fédération nationale belge du bâtiment et des travaux publics FNBTP.
Institut belge de normalisation/Belgisch instituut voor normalisatie IBN/BIN.

États-Unis

American Concrete Institute ACI.
Prestressed Concrete Institute PCI.

Grande-Bretagne

British Standards Institution BSI.
Cement and Concrete Association CCA.

Organismes internationaux

Association internationale des ponts et charpentes AIPC.
Fédération internationale du béton FIB (fusion du Comité euro-international du béton, CEB, et de la Fédération internationale de la précontrainte, FIP).