

Centre Universitaire AHMED ZABANA Relizane
Institut Des Sciences et Technologies
Département de Génie Civil

Semestre: 5

Techniques et règle de construction

Crédits: 1 Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière est composée de deux parties. La première partie a pour objectif de présenter aux étudiants les aspects techniques et technologiques de l'opération de construction. La deuxième partie l'initiation des étudiants aux notions de bases des différents règlements appliqués dans la conception des constructions civiles et industrielles avec une application des règles de justification des structures en béton armé selon le RPA.

Chapitre I. Techniques d'élaboration d'un projet.

Processus de réalisation d'un projet de construction, conception et dispositions préparatoires pour l'exécution des travaux, choix du site et implantation des ouvrages, investigations géotechniques. **(Page ...03)**

Chapitre II. Techniques de préparation du chantier

Préparation des travaux et techniques d'organisation des chantiers de bâtiment, piquetage et délimitation du chantier, terrassements et remblais, techniques de réalisation d'enlèvement des terres, fouilles de puits, pilonnage, reprise de terre végétale, tranchées et blindage, talutage . **(Page ...07)**

Chapitre III. Techniques de réalisation ouvrages en béton armé

Techniques d'exécution des fondations superficielles et des fondations profondes. Techniques de coffrage et de ferrailage des structures de bâtiments. **(Page ...17)**

Chapitre IV. Ouvrages métalliques et mixtes

Soudage et boulonnage, Assemblages des structures métalliques dans le bâtiment et halls industriels. **(Page ...19)**

Chapitre V. Introduction aux différents règlements

Généralités et Nécessité de la réglementation, Introduction aux différents normes de construction, normes BAEL et Eurocodes. **(Page ...25)**

Chapitre VI. Les règles parasismiques RPA 99 version 2003

(Règles générales de conception zones sismiques, critères de classification des ouvrages). **(Page ...26)**

Chapitre VII. Justification des structures en béton armé

(Combinaisons d'actions, Justification vis-à-vis de la résistance, de l'équilibre d'ensemble, et de la stabilité des fondations, Définition et justification des joints). **(Page ...30)**

Chapitre I. Techniques d'élaboration d'un projet.

Les projets de construction auxquels le maître d'ouvrage est associé nécessitent, comme tout projet, un ensemble complexe d'activités.

Le processus devant conduire à la réalisation d'un projet de construction, à partir de l'expression des besoins par un client jusqu'à l'exécution complète des travaux peut s'avérer long et imprudent.

Le projet :

Processus unique qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences préalablement définies telles que les contraintes de délais, de coûts et de ressources.

Gestion de projet :

La gestion de projet est l'application des connaissances, expertises, outils et techniques de planification, d'organisation et de contrôle des activités et des ressources dans le but de satisfaire les exigences et les attentes des intervenants ayant un intérêt dans le projet.

Les Objectifs :

Le processus d'élaboration d'un projet doit répondre à trois grands objectifs et permettre le développement des outils essentiels à son succès :

1-La Satisfaction Des Attentes Du Client

Chaque projet vise à répondre à des attentes et à des besoins qui lui sont spécifiques. Les intervenants se doivent de les définir clairement et globalement. Ces définitions composeront le programme des besoins, lequel constitue l'essence même du projet. Il en exprime sa raison d'être et en définit la portée ainsi que les enjeux majeurs.

2-Le Respect Du Budget

Considérant que les ressources sont généralement limitées, le budget constitue la contrainte majeure dans l'atteinte des objectifs du projet. Bien que tous les intervenants s'entendent sur l'importance de respecter les limites budgétaires du projet, il est très fréquent que celles-ci deviennent difficilement contrôlables en cours de réalisation. Il s'avère donc très

important d'identifier et de faire état de toutes les données ayant une influence sur le budget, et ce préalablement à la phase de réalisation. Il faut de plus mettre en place les méthodes et les outils permettant de respecter les engagements financiers du projet.

3-Le Respect De L'échéancier

Le temps constitue la seconde contrainte en importance dans le processus de réalisation du projet. L'ouvrage doit être livré à une date déterminée à l'avance qui correspond généralement au calendrier des opérations du client. Cette situation force le gestionnaire de projet à établir son échéancier en fonction de la disponibilité des lieux et des ressources, ainsi que de nombreuses contraintes telles que l'accès au financement, la complexité des interventions projetées, l'ordonnancement des travaux, les saisons et les conditions du marché de la construction.

Les Différentes Phases Et Etapes Du Processus

Plusieurs possibilités et outils s'offrent au gestionnaire d'un projet de construction pour mener son entreprise à terme et ainsi atteindre les objectifs de son mandat. Les grandes avenues du processus de réalisation doivent cependant demeurer similaires.

Le processus de gestion d'un projet de construction compte **trois grandes phases** et **neuf étapes** :

1-PHASES :

****PLANIFICATION :**

Dans tout processus de réalisation d'un projet, les premières étapes, s'avèrent généralement les plus stratégiques et les plus déterminantes. Quant aux résultats de cette phase de planification, ils ont un impact direct sur les orientations et l'ampleur du projet. Cela est d'autant plus significatif qu'un projet de construction engendre la plupart du temps des dépenses considérables et demande la participation d'un très grand nombre d'intervenants. Il doit de plus se réaliser à l'intérieur de balises, d'ordres temporel et financier, bien définies et établies en fonction des contraintes identifiées ainsi que des ressources disponibles. De cette première phase résulteront les décisions et les données déterminantes relativement aux objectifs du projet, à son contenu et à ses paramètres de réalisation.

1- AVANT-PROJET

2- ÉTUDES DE FAISABILITÉ

3- DÉFINITION DU PROJET

- 1- AVANT-PROJET Il s'agit de l'étape au cours de laquelle la demande du client est déposée puis analysée pour juger de sa recevabilité ainsi que de l'opportunité du projet soumis.
- 2- ÉTUDES DE FAISABILITÉ Cette étape permet de cerner la teneur et la portée du projet par l'énoncé des besoins et la tenue des études préparatoires.
- 3- DÉFINITION DU PROJET Cette troisième étape consiste à définir le projet planifié en fonction des besoins, des contraintes, des solutions préconisées, des décisions prises et des paramètres de réalisation établis ainsi que de la description du projet planifié.

**réalisation

4- concours d'architecture

5- plans et devis

6- appels d'offres

7- travaux

8- livraison de l'ouvrage

**exploitation

9- exploitation de l'immeuble

Choix Du Site Et Implantation Des Ouvrages

Enjeux

Être en harmonie avec le milieu d'accueil en considérant ses atouts et contraintes

Préconisations

Réaliser une analyse de site sommaire permettant de révéler les atouts et contraintes du site en fonction desquels le plan-masse doit être optimisé.

Pourquoi ?

- L'implantation et l'orientation des bâtiments déterminent les abaissements thermiques, les apports solaires, l'éclairage, les possibilités de ventilation naturelle, les vues.

- Une mauvaise prise en compte du sol et du sous-sol peut avoir un impact environnemental et financier important et nécessiter des moyens techniques lourds pour adapter le projet.

- Le soleil est souvent recherché l'hiver alors qu'on essaye de s'en protéger l'été ;

*En hiver, la course du soleil est limitée et seules les façades orientées au Sud apportent un complément solaire significatif par rapport aux besoins de chauffage.

* L'été, la course du soleil est beaucoup plus longue et plus haute. Les façades Est et Ouest font l'objet de surchauffe et devront être équipées de dispositifs de protection (Fenêtres et baies).

Les investigations géotechniques.

Les présentes recommandations professionnelles ont pour objet d'orienter le programme d'investigations géotechniques nécessaires pour l'étude de faisabilité des ouvrages courants situés dans un environnement géotechnique sans difficulté particulière connue, Ces recommandations portent à la fois sur la nature des investigations (type de sondages et d'essais), sur la quantité des investigations (nombre de points de sondage ou d'essais) et sur l'extension des investigations (périmètre à reconnaître, profondeur, espacement entre points de sondage). Ces trois aspects ne peuvent pas être dissociés.

Un programme d'investigations géotechniques doit être établi en fonction de trois éléments majeurs :

*la nature de l'ouvrage à réaliser. les éléments en sont fournis par le maître d'ouvrage .

* le contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique. Il doit faire l'objet d'une analyse préalable à partir des éléments disponibles, notamment :

- une enquête documentaire (notamment analyse des cartes géologiques, des banques de données du sous-sol, des Plans de Prévention des Risques, des études antérieures,...),
- la visite du site,
- une enquête de voisinage,
- l'étude de l'historique du site (en particulier la sinistralité connue, l'occupation antérieure,...).

Chapitre II.

Techniques de préparation du chantier

Préparation et organisation d'un chantier de bâtiment :

La préparation et l'organisation d'un chantier BTP découlent toujours d'un projet de développement, de construction, d'équipement, d'aménagement ou de réhabilitation d'une infrastructure ou d'un ouvrage. La prévention des risques professionnels passe notamment par l'anticipation des situations de coactivité, par la fixation de délais réalistes dès l'avant-projet, par des choix techniques adaptés et par la prise en compte de l'environnement du chantier.

Préparation contractuelle du chantier

La préparation impose aux maîtres d'ouvrage et d'œuvre de prendre, dès la phase de programmation, toutes les décisions destinées à structurer contractuellement l'organisation générale de l'opération, la réalisation du projet et l'exécution du chantier.

Le **maître d'ouvrage** définit le programme et s'entoure d'une équipe de préparation, comprenant notamment la maîtrise d'œuvre, le contrôle technique et, le cas échéant, un prestataire chargé de la planification (OPC ou ordonnancement / planification / coordination). Le **maître d'œuvre** conçoit le projet sur le plan technique et décide de son allotissement éventuel (organisation en ensembles, lots séparés ou entreprise générale...). Il établit les pièces contractuelles nécessaires au bon déroulement du projet : **dossier de consultation** des entreprises ou projet de marché, calendrier des travaux, **cahier des clauses administratives particulières (CCAP)**, **cahier des clauses techniques particulières (CCTP)**, dossier de plans, bordereaux des prix...

Les **entrepreneurs** titulaires des marchés préparent et organisent leurs chantiers en fonction des impératifs définis dans les pièces contractuelles, en prenant en compte la protection de la santé et de la sécurité des salariés (installations, organisation de l'exécution des travaux, modes opératoires, moyens et équipements appropriés...).

Pas de prévention sans organisation et délais adaptés

Tout se joue lors de la phase de l'avant-projet. C'est le moment où sont prises des options techniques de construction et de délais associés. En effet, la sécurité sur le chantier va dépendre en partie de la qualité de cette préparation du projet par le maître d'œuvre.

Les choix issus de cette phase sont définitifs, car ils sont ensuite inscrits dans les pièces contractuelles.

C'est donc lors de cette phase d'avant-projet que le rôle du maître d'œuvre est déterminant pour la prévention, notamment pour garantir la compatibilité entre les options techniques, les délais octroyés et les exigences de santé et de sécurité.

Dossier de préparation du chantier de l'entreprise

L'entreprise titulaire de marché dispose d'un délai contractuel pour soumettre au maître d'œuvre son dossier de préparation de chantier, qui comporte en particulier :

Le **plan d'installation de chantier**,

Le **planning prévisionnel** des travaux,

Les **plans d'exécution** des ouvrages,

Les prévisions d'effectifs,

Le **plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS)**.

Installations de chantier

Le plan d'installation de chantier définit l'implantation des équipements, voiries et réseaux divers (eau, gaz, électricité, assainissement, accès, clôtures, volumes terrassés...), y compris les installations et infrastructures collectives de chantier (cantonnements, moyens fixes de levage...).

Les marchés de travaux désignent les entrepreneurs chargés de la réalisation des installations ou équipements communs du chantier.

Approvisionnement et circulations

Le principe fondamental de structuration des moyens généraux et de la logistique du chantier repose sur l'organisation et la mécanisation des manutentions et sur l'organisation des **flux de circulation** (engins, piétons, approvisionnements horizontaux et verticaux...).

Les approvisionnements doivent être organisés en tenant compte de la nature de l'ouvrage à construire et de son environnement. Les aires de stockage, les circulations internes et externes doivent être clairement définies. Dans certains cas, cela nécessite la mise en place d'une **cellule logistique**.

La collecte, le tri et l'évacuation des déchets de chantier doivent être également prévus dans les pièces contractuelles du marché.

Installations sanitaires et vestiaires

Les obligations concernant les installations d'accueil, les vestiaires et les sanitaires dépendent de la taille et de la durée du chantier :

-pour des chantiers de durée supérieure à 4 mois, des installations sanitaires fixes sont à prévoir,

-pour des durées inférieures, des véhicules mobiles de chantier, spécialement aménagés et répondant aux besoins (installations sanitaires, restauration...) peuvent être utilisés.

Ces installations doivent être adaptées aux effectifs du chantier (nombre de lavabos, de douches, de toilettes, espace réfectoire...).

Le piquetage aujourd'hui

Dans le domaine de la construction, le piquetage est en fait beaucoup davantage qu'une simple indication du décaissage nécessaire du sol pour creuser les fondations puisque le piquetage est d'abord la matérialisation sur le terrain du plan d'implantation de la construction tel qu'approuvé au permis de construire ou à la déclaration de travaux, puis la jauge de la profondeur à atteindre par creusement.

On distingue 2 types de piquetage :

-Le piquetage général consiste à reporter sur le terrain la position des ouvrages définie par le plan général d'implantation, au moyen de piquets (ou chaises d'implantation) numérotés,

solidement fixés au sol, dont les têtes sont raccordées en plan et en altitude aux repères fixes mentionnés au plan général d'implantation des ouvrages. Celui-ci est un plan orienté qui précise la position des ouvrages, en planimétrie, par rapport à des repères fixes. Ce plan est notifié à l'entrepreneur, dans les 8 jours suivant la notification du marché ou au plus tard en même temps que cet ordre.

-Un piquetage particulier ou spécial peut être ensuite entrepris pour délimiter des zones nécessaires au creusement d'une excavation (fondations), à des passages de tranchées de VRD, des remblais et aménagements divers, mais aussi lors de la pose de réseaux souterrains ou enterrés.

Les terrassements

Les terrassements consistent en des déplacements de terre très importants sur des distances notoires, réalisés par passes successives de faible épaisseur.

Terrassements généraux:

- Débroussaillage: enlever arbres et souches
- Enlèvement et incinération des éléments précédents
- Décapage de la terre végétale, inapte au remblai, mais utile et réservée aux futurs aménagements paysagers
- Réalisation des fouilles, de leur étalement et de leur protection (nota : les travaux pour fondations profondes font partie d'un lot spécial 'fondation profonde' confié à des entreprises spécialisées hautement qualifiées)
- Réalisation des plate formes : déblai, remblai, compactage, avec décharge des déblais en excès ou amenée des remblais manquants
- Evacuation des eaux (nappe phréatique, source, pluie, fonte des neiges)

Terrassements complémentaires:

- Fouilles en tranchées pour canalisations enterrées, réseaux divers, semelles filantes
- Fouilles pour semelles isolées
- Fouilles pour puisards, regards
- Fouilles pour fossés d'assainissements des voiries et des plates-formes

Terrassements pour la réalisation d'espaces verts:

Le lot espace vert est généralement séparé car il doit garantir ses plantations pour une durée minimale d'une année ; mise en place de la terre végétale, sur un support en terre préparé, en vue des plantations.

Coûts des opérations de terrassements:

Les terrassements représentent un coût très important dans un projet. On doit donc essayer d'équilibrer les déblais et remblais de façon à limiter les mouvements de terre en dehors des limites de l'opération.

On détermine donc les déblais à mettre en remblai et les conditions de cette mise en remblai (humidification, séchage, compactage). On détermine ensuite le coût par le calcul des cubatures des terrassements et des distances de transports.

-Pour le transport, compte tenu de l'importance du travail à effectuer et du matériel disponible dans la région, on doit estimer la distance optimale de chaque engin, en fonction de:

- Prix de revient horaire ou kilométrique
- Salaires et charges des employés
- Prix du carburant
- Frais d'amené au chantier et de retour au garage, etc.

Les fouilles en puits

Parce qu'elles sont invisibles, il est facile d'oublier le rôle primordial des fondations dans une construction. Le choix du type de fondation se fait en fonction de la qualité du terrain. Il faut trouver le « bon sol ». Pour cela il faut parfois creuser profond. Les fouilles en puits permettent d'aller chercher ce bon sol.

Les caractéristiques des fouilles en puits

Théoriquement une fouille en puits est une fouille semi-profonde de forme cylindrique ou carrée.

Cylindrique, elle fait environ 1 m de diamètre.

Carrée, elle fait au minimum 0.80 m de large.

La fouille en puits est généralement busée ou cerclée puis remplie de gros béton c'est-à-dire d'un béton grossier contenant des gros granulats.

L'utilisation des fouilles en puits

Les fouilles en puits sont utilisées dans 2 cas :

-Pour construire des bâtiments très importants.

-Pour aller chercher le bon sol c'est-à-dire un sol pouvant supporter la construction.

Les puits remplis de gros béton vont s'ancrer dans la couche du bon sol. Les charges sont transmises par effet de pointe c'est-à-dire l'appui vertical sur le sol porteur. Ou par effet de frottement latéral. La couche de sol entourant le puits offrant une résistance à l'enfoncement.

Ce phénomène permet d'ancrer des fondations même dans un sol peu porteur. Par contre il faut descendre plus profondément.

Par contre si le bon sol est situé à plus de 6 m de profondeur, c'est la technique des pieux qui est employée. Des pieux en métal ou en béton sont enfoncés dans le sol. En zone urbaine, la pression immobilière étant forte, la technique des micro-pieux est de plus en plus employée pour construire des maisons individuelles sur les terrains peu porteurs.

Le bon sol est une de terrain suffisamment résistante pour supporter le poids d'une construction et de son contenu. Sans oublier que la construction va subir différentes contraintes comme le vent, le poids de la neige, la succession d'épisode de gel et de dégel, la sécheresse, etc.

Il est important de connaître la nature du sol et du sous-sol avant de commencer une construction. Et même pour la construction d'une habitation individuelle, le recours à une étude du sol par un géotechnicien peut éviter bien des désordres comme des fissures structurelles ou une maison qui s'affaisse. Ce sont les résultats de cette étude qui vont **déterminer le type de fouilles à réaliser** afin de pouvoir couler les fondations.

Bon à savoir : Avant d'entreprendre la construction de votre maison, n'hésitez pas à aller en mairie pour consulter le Plan Local d'Urbanisme (PLU). Vérifiez si la commune a mis

en place un Plan de Prévision des Risques (PPR) qui détermine les zones inondables, les problèmes de retraits et gonflements des argiles, les risques liés à la sécheresse ou au gel. Tous ces éléments seront de bonnes indications pour **creuser des fouilles à la bonne profondeur.**

Reprise de terre végétale sur stock

Reprise et mise en place de terre végétale depuis le stockage situé dans le périmètre de l'opération comprenant :

- Hersage et décompactage des fonds de plate-forme.
- Transport de la terre. - Triage de la terre et enlèvement des galets.
- Enlèvement des systèmes racinaires résiduels et(ou) parasites (chiendents, etc.) - Bris des mottes.
- Régalage de la terre en couche régulière.
- Mouvement de terre pour façon de talus.
- Réglage des terres à plat et en talus, finition manuelle. Épaisseur et volume minimum de mise en œuvre : 25cm Les terres trouvées sur place feront l'objet d'une analyse physico-chimique, et d'une correction du pH par ajout de matériaux de compensation si besoin : Chaux, silice, calcaire, etc. Localisation : - Emprise des cheminements existants démolis - Emprises des Plate-formes terrassées en déblais (lônes) et en remblai (levées sèches, Hibernaculum).

Blindage

Pour réaliser des travaux dans le sous-sol, il faut prévoir les techniques de blindage des parois de tranchées dans un « plan de blindage » : • Étude préalable de sous-sol : permet d'identifier les différents types de terrain pour présélectionner un(des) type(s) de blindage.

- Évaluation de l'état réel du terrain : pour sélectionner le blindage, en fonction des paramètres externes (intempéries, température, durée du chantier...) ou en présence de nappe phréatique.
- Chantiers linéaires importants : différentes techniques de blindage doivent être utilisées en fonction des situations rencontrées.
- Tracé de l'ouvrage : il introduit des points singuliers, des franchissements qui imposent des blindages particuliers.
- Prise en compte de la présence d'ouvrages existants dans le sous-sol : pour modifier le tracé ou adapter le blindage.
- Topographie réelle du terrain : en fonction du tracé de l'ouvrage, elle peut créer des sur-profondeurs ou sous-profondeurs localisées. À partir d'une profondeur d'1,3 m, la mise en place d'un blindage est obligatoire.
- En dessous d'une profondeur d'1,3 m, la mise en place ou non d'un blindage dépend des conditions de stabilité des parois de tranchée.
- Nature des travaux : elle impose la profondeur et la surface du terrassement ; les dimensions précises de la fouille doivent intégrer l'épaisseur des panneaux de blindage.

La nécessité d'effectuer un blindage de fouille ne relève pas uniquement du paramètre « profondeur de la fouille ».

D'autres paramètres interviennent dans la stabilité : nature des terrains, surcharges dues aux constructions voisines, surcharges de toute nature (matériaux divers, déblais, matériels), surcharges et ébranlements dus à la circulation sur les voies carrossables, pistes et voies ferrées se trouvant à proximité des fouilles.

Par ailleurs, les conditions hydrologiques, les vibrations diverses pouvant provenir de travaux voisins, la configuration des tranchées à réaliser (croisement de tranchées), la nature des travaux à exécuter (position des travailleurs, effet de compression sur les membres inférieurs en cas d'éboulement), la stabilité globale sont autant de paramètres pouvant influencer sur la stabilité pour une durée courte.

La réglementation impose aux entreprises de mettre en œuvre des blindages, dès lors que les parois sont verticales ou sensiblement verticales et qu'il s'agit d'une « tranchée étroite », c'est-à-dire que la tranchée a plus de 1,30 mètre de profondeur et une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur.

Cependant, le critère de profondeur est loin d'être le seul qu'il faille prendre en compte pour engager une réflexion : L'analyse des accidents a montré que sur une période de 10 ans, 7 % des accidents graves ou mortels avaient eu lieu dans des tranchées étroites dont la profondeur était comprise entre 0,70 mètre et 1,30 mètre.

MISE EN PLACE ET RETRAIT DES BLINDAGES

Dès la conception, intégrer les risques de la pose et de la dépose du blindage et prévoir les solutions dans le « plan de blindage » :

- Respecter le principe : aucune présence humaine dans la fouille, pendant les phases de pose et dépose de blindage.
- Prévoir un nombre suffisant d'éléments de blindage et organiser leur rotation.
- Respecter le mode opératoire remis par le fabricant du blindage
- Faire toujours guider visuellement l'installation du blindage en fouille par une personne compétente, située à l'extérieur de la fouille.
- Travailler par étapes successives, avec des points d'attention prédéterminés.
- Plaquer les panneaux de blindage contre le terrain avec parois verticales (pas d'espace).
- Laisser dépasser le blindage de la fouille de 15 cm minimum.
- Choisir des blindages adaptés à la profondeur : utiliser si nécessaire une réhausse.
- Interdire l'appui de blindage sur un réseau.
- Éviter tout dommage aux ouvrages existants (y compris leur revêtement et organes connexes).
- Retirer le blindage par étapes successives, sans décompresser le terrain.
- Penser à fixer les accessoires de levage (chaînes, élingues...) sur chacun des éléments avant de commencer la dépose (y compris en cas de réhausse).

- Placer les étrésillons en positions haute et basse (ou système mécanique spécifique) pour résister au poids des.
- Laisser des bermes libres de déblais sur une largeur minimale de 40 cm le long de la tranchée.
- Organiser la circulation des véhicules à plus de 3 m des parois de tranchée.

Le talutage d'un terrain

Le talutage concerne les terrains en pente. Il fait partie des travaux de terrassement et détermine comment une pente doit être exploitée ou aménagée. Il empêche l'éboulement en éliminant la poussée des terres. Il concerne aussi l'implantation des piscines creusées et l'aménagement de berges en général. Quelles sont ses caractéristiques ?

Le talutage en fonction du degré d'une pente

Dès qu'un talus présente 100% de pente, il faut réaliser des protections anti-éboulements ou des consolidations suivant la nature du sol. Présentant de grands risques d'érosion, il est aussi nécessaire d'y planter des végétaux rapidement et d'ancrer la terre végétale à l'aide de grillage ou de filets.

De même, les talus de 65% de pente exigent d'être plantés rapidement à cause des risques d'érosion. Cependant, les protections anti-éboulement ne sont plus nécessaires. Mais on peut réaliser un fascinage, un enclos en bois tressé qui permet de maintenir le talus à l'aide de piquets profondément enterrés

Les talus de 50 % de pente sont accessibles aux engins de tonte et permettent les plantations et l'engazonnement. Ceux de 33% de pente sont des talus paysagers, faciles à planter parce qu'accessibles. Les talus de 25% sont appelés rampes et permettent l'accès à tout type de véhicule, sans travaux spécifiques.

Une fois les talus consolidés, il faut procéder à un sous-solage, ceci avant de planter toute végétation et de répandre de la terre arable, Cette étape consiste à décompacter la terre à au moins une mètre en profondeur. Ceci a pour but de rétablir la porosité de la terre pour faciliter la prise des racines en profondeur.

Ensuite, il faut respecter la quantité de terre de terre arable, indispensable au bon développement des végétaux : 1 m de profondeur pour les arbres, 50 cm pour les arbustes et 20 cm pour les gazons.

Le talutage d'une piscine

Il consiste à consolider les berges de la piscine pour les stabiliser et éviter tout effondrement. Cette mission doit être confiée à un professionnel parce qu'elle est indispensable à votre sécurité et à celle de votre voisinage.

De plus, le talutage est soumis à une législation précise. Dans certains cas, un permis de construire est obligatoire. C'est la mairie qui détient tous les éléments et qui pourra vous renseigner avec précision. Sinon, les entreprises de terrassement sont à votre disposition pour vous expliquer les démarches à entreprendre et sont parfois prêtes à vous en décharger.

Chapitre III. Techniques de réalisation ouvrages en béton armé

ROLES DES FONDATIONS

Définition

Un ouvrage quelle que soient sa forme et sa destination, prend toujours appui sur un sol d'assise. Les éléments qui jouent le rôle d'interface entre l'ouvrage et le sol s'appellent fondations. Ainsi, quelque soit le matériau utilisé, sous chaque porteur vertical, mur, voile ou poteau, il existe une fondation. I – 2 Rôle principal La structure porteuse d'un ouvrage (voir cours de mécanique chapitre 4) supporte différentes charges telles que : - des charges verticales :

- comme les charges permanentes telles que le poids des éléments porteurs, le poids des éléments non porteurs,
- comme les charges variables telles que le poids des meubles, le poids des personnes..., le poids de la neige, - des charges horizontales (ou obliques) :
- comme des charges permanentes telles que la poussée des terres,
- comme les charges variables telles que la poussée de l'eau ou du vent.

Rôles secondaires

1°) La fondation doit résister elle-même aux charges et doit être calculée en conséquence.
2°) L'ensemble ouvrage – fondation - sol doit être en équilibre stable. Il ne doit pas y avoir possibilité de mouvement. - pas de glissement horizontal : L'adhérence sol – fondation doit empêcher les forces horizontales (poussées du vent, des terres...) de pousser l'ouvrage horizontalement. - pas de basculement : Les charges horizontales ont tendance à faire basculer l'ouvrage car elles créent un moment. Les forces verticales (poids) doivent les contrebalancer. - pas de déplacement vertical : Le sol doit être suffisamment résistant pour éviter l'enfoncement du bâtiment de manière uniforme ou dissymétrique (tassements différentiels entre deux parties solidaires de l'ouvrage) et le bâtiment doit être suffisamment lourd pour éviter les soulèvements dus à l'action de l'eau contenue dans le sol (poussée d'Archimède). 3°) Une fondation doit être durable. Toutes les précautions devront être prises dans les dispositions constructives, le choix et l'emplacement des matériaux, ainsi que dans la mise en œuvre.

4°) Une fondation doit être économique. Le type de fondation, les matériaux employés et la mise en œuvre doivent être le moins coûteux possible.

TYPES DE FONDATIONS

Types de fondations :

Les deux types de fondations sont :

- les fondations superficielles,
- les fondations profondes et spéciales. Les fondations sont dites superficielles si une des deux conditions suivantes est respectée : $H/L < 6$ ou $H < 3$ m Avec H : profondeur de la fondation et L : largeur de la fondation.

Choix des fondations Le choix du type de fondation dépend :

- du type d'ouvrage à fonder, donc des charges appliquées à la fondation (charges différentes pour une maison individuelle et pour une tour),
- de la résistance du sol. Il est important de faire une bonne reconnaissance des sols.

Si la couche superficielle est suffisamment résistante, il sera quand même nécessaire de faire une reconnaissance de sol sous le niveau de la fondation sur une profondeur de deux fois la largeur de la fondation et s'assurer que les couches du dessous sont assez résistantes. . Si la couche superficielle n'est pas assez résistante, une reconnaissance des sols devra être

faite sur une profondeur plus importante. On choisira toujours la fondation la plus économique.

Les coffrages

Lorsque les ouvrages en béton sont verticaux, les coffrages dans lesquels ils sont coulés à leur emplacement définitif sont appelés « banches ». Les structures de coffrage des murs en béton, ou voiles, et des poteaux du bâtiment, sont constituées de surfaces réglées verticales. Un système de référence est construit par une génératrice, positionnée verticalement, ou horizontalement, et une droite située dans le même plan.

Les structures porteuses sont à banché longitudinal, à banché transversal, ou un mixte de ces deux systèmes. Les façades sont soit en banché longitudinal, coulées en place, intégrées dans la structure porteuse, soit préfabriquées, sous forme de panneaux, ou posées après réalisation du gros œuvre.

Un coffrage standardisé, qui intègre des solutions systématiques anticipées, offre une trame métrique simple, l'assemblage de banches de dimensions différentes est alors possible, et sa conception permet un gain de temps important au moment de la planification.

Le ferrailage des éléments résistants devra être conforme aux règlements en vigueur en l'occurrence le **CBA 93** et le **RPA99 version 2003**, Notre structure est composée essentiellement de trois éléments structuraux à savoir :

1. poteaux
2. poutres
3. voiles

Chapitre IV. Ouvrages métalliques et mixtes

Les procédés de soudage Principes La soudure est un assemblage permanent de 2 pièces métalliques, caractérisé par l'effacement des contours primitifs des bords à assembler. La soudure peut s'effectuer :

- sans pression extérieure, les bords étant portés à la température de fusion, et nécessitant le plus souvent l'introduction dans le joint d'un complément de métal (métal d'apport) déposé en une ou plusieurs passes.

Avec pression extérieure, à une température qui peut atteindre également la fusion.

Le métal de base forme les parties à assembler, de même nature ou de natures différentes. Le métal d'apport, identique ou différent du métal de base, peut intervenir dans l'élaboration du joint. Le métal du joint, comprenant le métal déposé et les bords fondus qui sont dilués; certains éléments peuvent diffuser dans les parties adjacentes. De plus, au-delà du joint, une zone plus ou moins étendue peut être thermiquement affectée et subir des modifications de structure.

Positions d'exécution de soudures : Les soudures peuvent être effectuées bout à bout ou en angle.

Procédé d'assemblage par **boulonnage**/vissage Un assemblage fileté permet d'assurer un effort de pression entre pièces en vue de les immobiliser les unes par rapport aux autres, et souvent d'assurer une étanchéité.

Définitions

Vis : pièce constituée d'une tige filetée sur tout ou partie de sa longueur, avec ou sans tête, mais comportant un dispositif d'entraînement ou d'immobilisation.

Ecrou : pièce taraudée comportant un dispositif d'entraînement, et destinée à être vissée.

Boulon : ensemble constitué d'une vis à tête, et d'un écrou, et destiné à assurer un serrage entre la face d'appui de la tête, et celle de l'écrou. Goujon : tige comportant un filetage à ses 2 extrémités et destinée à assurer un serrage entre la face d'une pièce dans laquelle l'un des extrémités vient s'implanter à demeure par vissage, et la face d'appui d'un écrou vissé à l'autre extrémité.

Assemblages des structures métalliques dans le bâtiment et halls industriels.

Les assemblages sont classés en deux grandes catégories : d'une part, assemblages « mécaniques » : boulons, vis, rivets... et, d'autre part assemblages « adhérents ou cohésifs » comme la soudure, ou le collage...

Les assemblages concernent des éléments structurels – poteaux, poutres, diagonales de contreventement, tirants – ou des matériaux de partition ou d’enveloppe. Ils représentent une fraction significative du coût d’une ossature métallique.

Assemblages mécaniques

Les boulons

Les boulons peuvent être utilisés en atelier ou sur le chantier. Ils sont assez couramment mis en œuvre. Un boulon comporte une tête hexagonale, un corps cylindrique fileté qui constitue la vis et un écrou également hexagonal. Les rondelles, freins d’écrou, contre-écrou font partie des accessoires des assemblages. Les jeux dans les trous sont de 1 à 2 mm. Ils travaillent soit en traction, soit au cisaillement. Le serrage d’un boulon ordinaire se fait soit manuellement, soit avec une clé, soit pneumatiquement.

Les boulons à haute résistance (HR) et à serrage contrôlé sont plus efficaces. Le serrage d’un boulon HR crée entre deux pièces une pression qui s’oppose au glissement par frottement. Ce type de boulon est principalement utilisé pour assurer la liaison des composants dans des assemblages soumis à des moments de flexion et des efforts tranchants. Le serrage contrôlé de ce type de boulon se fait par une clé dynamométrique (munie d’un appareil de mesure de l’effort). L’assemblage par boulons HR est plus facile à mettre en œuvre sur un chantier que la soudure. Les boulons font l’objet d’une certification en matière de caractéristiques géométriques et mécaniques

Les rivets

Le rivetage a été longtemps le seul procédé d’assemblage utilisable en construction métallique (par exemple pour la tour Eiffel). Développé dès la fin du XVIII^{ème} siècle pour la confection des chaudières, très largement développé à partir de 1850, il est complètement abandonné aujourd’hui pour les assemblages sur les chantiers sauf dans les cas de rénovation de bâtiments anciens ou de ponts.

Un rivet se présente comme un gros clou à une tête. Il doit être préalablement chauffé au rouge, puis posé à chaud. Une fois l’autre tête formée à la masse, au marteau pneumatique ou à la presse hydraulique, le rivet se contracte en se refroidissant ce qui assure ainsi une

force de serrage et un assemblage par frottement des deux pièces entre elles. Procédé efficace et très sûr, il exige cependant beaucoup de main d'œuvre.

Assemblages adhérents ou cohésifs

Le soudage

Le soudage consiste à fondre l'acier localement avec ou sans apport de métal (toujours de l'acier) de manière à reconstituer une continuité de la matière aussi parfaite que possible. Le procédé le plus courant en construction métallique est la soudure à l'arc qui utilise la chaleur produite par un arc électrique pour porter l'acier à la température de fusion.

Le soudage est un procédé très efficace mais qui peut exiger un contrôle a posteriori des pièces assemblées (examen visuel, rayons X...). Une partie des soudures est le plus souvent réalisée en atelier, parfois sur des bancs automatisés (par exemple pour les PRS). La plupart des entreprises de construction métallique est aujourd'hui bien équipée en bancs de soudage. Les positions de soudage peuvent s'effectuer pour des pièces :

- à plat bout à bout ;
- à plat superposé ;
- à plat d'angle.

Le collage

Encore expérimental, le collage de pièces métalliques ne s'emploie en pratique que pour des pièces d'enveloppe où les contraintes mécaniques à prendre en compte sont faibles (par exemple raccord d'angle pour un bordage). Néanmoins les progrès très importants réalisés ces dernières années dans les colles laissent prévoir un grand développement de ce type d'application.

Les types de liaison

On distingue plusieurs types de liaison, suivant les éléments reliés :

- appui au sol d'un poteau ;
- liaison poteau-poteau ;
- liaison poteau-poutre ;
- liaison poutre-poutre ;

- liaison dans les poutres treillis ;
- liaison poutre-voile en béton armé ;
- nœud dans les structures spatiales.
- Appui au sol d'un poteau
- Pied de poteau articulé

La mise en œuvre la plus courante consiste à souder une platine à l'extrémité du poteau. Elle est traversée par deux tiges d'ancrage et repose sur l'élément de fondation en béton. Même si la liaison semble rigide, elle fonctionne en fait comme une articulation. Il est quelquefois nécessaire de souder sous la platine un tronçon de profilé appelé « bêche » pour transmettre l'effort horizontal au massif de fondation.

Pied de poteau encastré

La platine soudée à l'extrémité du poteau est traversée par quatre tiges ancrées dans le béton. Afin que les contraintes soient admissibles et les déformations faibles pour un encastrement, il est nécessaire de choisir des platines épaisses ou des platines minces mais raidies.

Liaison poteau-poteau

Les joints de montage permettent de réaliser le raccordement de différentes parties d'un même poteau (par soudure, par éclisses ou par platines). Il peut y avoir continuité et modification des formes en même temps.

Liaison poteau-poutre

Assemblages par appui simple Ce type de liaison est par exemple mis en œuvre à un joint de dilatation. La poutre prend appui sur le poteau, mais elle conserve un mouvement libre horizontal.

Assemblage articulé

L'attache d'une poutre sur un poteau est considérée comme articulée quand la flexibilité des cornières de liaison autorise de faibles rotations. La poutre est assemblée au poteau au niveau de son âme. De cette manière, les semelles supérieures et inférieures de la poutre

sont libérées et ne transmettent pas d'effort couplé de traction et de compression, et par conséquent pas de flexion.

Assemblage par encastrement

Dans le cas de continuité de poutres ou de poteaux, la liaison est complètement rigide. L'encastrement poteau-poutre peut se faire par soudure directe. On renforce ainsi la fixation. Sinon on utilise une platine et on boulonne les pièces, au niveau des semelles en particulier. Aux angles des portiques, les poutres sont considérées comme encastées sur le poteau. L'assemblage reconstitue la continuité du portique.

Liaison poutre-poutre

La liaison peut être articulée ou encastée. L'articulation au faitage de deux demi-portiques est un cas fréquent dans les halles à rez-de-chaussée. Dans le cas des nœuds rigides de portique, la liaison de la poutre au poteau peut s'effectuer en retrait de l'intersection des lignes d'épures géométriques pour des raisons techniques ou architecturales.

Liaison dans les poutres treillis

Les assemblages peuvent être soudés ou boulonnés. Il existe de nombreuses possibilités avec les profils du commerce. Les assemblages entre tubes se font par soudage : en « gueule de loup » pour les poutres en tubes ronds, à coupes planes quand les membrures sont hexagonales ou carrées.

Liaison d'une poutre métallique avec une paroi en béton

L'attache de la poutre peut s'effectuer de trois manières différentes : par des corbeaux en béton formant une console ; par l'engagement des abouts des poutres dans des logements réservés dans le béton avec des dispositifs d'appui ; par des platines noyées dans le béton sur lesquelles sont fixés les abouts de poutre par âme de liaison ou corbeaux pré-soudés en atelier.

Nœuds dans les structures spatiales

Dans les structures spatiales, les sections les plus adaptées au travail de traction et à celui de la compression sont les profils creux ronds.

Assemblages sur des sphères

Les profils creux ronds concourent au centre de la sphère et sont soudés. Ils peuvent aussi être vissés et boulonnés dans la sphère creuse (ex. nœud Méro).

Assemblages par aplatissage de tubes et goussets soudés

Un des procédés consiste à souder sur les membrures des goussets en tôle dans les directions des barres dont les extrémités sont aplaties de manière à permettre l'attache par soudure ou boulonnage.

Les nœuds à coquilles

Le système Stéphane Duchâteau est formé de coquilles en acier moulé enserrant plusieurs tubes. Les joints sont soudés.

Chapitre V. Introduction aux différents règlements

Généralités et Nécessité de la réglementation, Introduction aux différents normes de construction, normes BAEL et Eurocodes.

Du BA 06 (tout premier texte réglementaire en 1906 sur l'emploi du béton armé) au BAEL 91 en passant les CCBA 68 et 70, les règles de calcul des ouvrages de génie civil n'ont cessé d'évoluer. Sous d'autres cieux, le BAEL 91, modifié en 99 (Béton armé aux états limites) fait déjà partie du passé. Dans beaucoup d'autres pays, ce code de calcul des structures en béton armé va encore être utilisé pendant longtemps. Les Eurocodes étant officiellement entrés en vigueur depuis le 1er mars 2010.

C'est en 1975 que la Commission des Communautés Européennes arrêta un programme d'actions dans le domaine de la construction, sur la base de l'article 95 du Traité de Rome. L'objectif du programme était l'élimination d'obstacles aux échanges et l'harmonisation des spécifications techniques. Par exemple, en langage simple, si une entreprise camerounaise est attributaire d'un marché de construction au Nigeria, quel code de calcul sera-t-il utilisé pour dimensionner la construction ? Celui du Cameroun ou celui du Nigeria ? Harmoniser les règlements camerounais et nigerian apparaît comme un bon compromis.

C'est depuis le 16 avril 2004 que les Eurocodes, en dix 'tomes' (EC.0 à EC.9), ont été adoptés par le Comité Européen de normalisation (CEN) pour harmoniser les règles de conception et de calcul au sein des différents Etats européens, les pays suivants sont concernés : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume Uni, Suède, Suisse. Voici joint un document général sur ces Eurocodes_FR.

EC.2 consacré aux calculs des ouvrages en béton Armé succède alors au BAEL. Les différences apparaissent entre les deux règlements. S'il n'est aisé de faire une étude comparée de ces deux règlements ici, voici néanmoins quelques différences repérées :

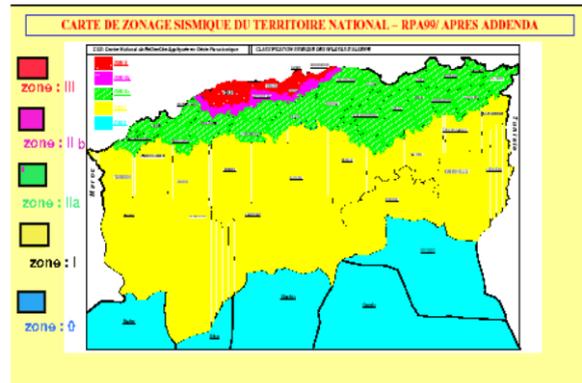
Sur la terminologie et les notations : si la terminologie est restée la même, les notations ont quasiment tous changé. On passe par exemple pour les charges permanentes de **G** et **Q** au BAEL à G_k et Q_k aux Eurocodes avec des notions G_{kmin} et G_{kmax} . De **fc28** aux BAEL pour la résistance à la compression du béton sur éprouvette cylindrique (28j) à **fck** pour les Eurocodes, **fbu** devient **fcd**, etc. Remarquer que **b** comme **béton**, devient **c** comme **concrete** (en anglais).

Les caractéristiques des matériaux, le béton et l'acier notamment : Aux Eurocodes, l'allongement de l'acier n'est plus limité à 10 pour mille au Pivot A comme au BAEL. Le σ_s devient **fyd** et tient désormais compte de l'érouissage (on amorce le domaine plastique) de l'acier. Le diagramme contrainte – déformation est dit bilinéaire. Cette contrainte est donc majorée par un coefficient k qui augmente légèrement la valeur de σ_s ($k \cdot f_{ys}$). La conséquence directe est que la section d'acier A_{st} est légèrement réduite par un calcul Eurocode.

Le processus général de calcul : il concerne les combinaisons d'action des charges, le calcul d'enrobage, qui pour les Eurocodes dépend de la classe d'exposition de l'ouvrage (plus de 15 !) alors qu'au BAEL il dépendait de la géométrie et du coefficient granulaire. Il y a aussi, désormais, trois états limites de service : ELS caractéristique, ELS quasi permanent, ELS fréquente. Et quatre états limites ultimes : EQU (perte de l'équilibre statique), STR (défaillance interne ou des éléments structuraux), GEO (défaillance ou déformation du sol), FAT (défaillance des éléments structuraux due à la fatigue).

Chapitre VI. Les règles parasismiques RPA 99 version 2003

(Règles générales de conception zones sismiques, critères de classification des ouvrages).



Les versions du Règles parasismiques algériennes

La réglementation parasismique est le document technique "DTR BC 2-48" dit : "REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES RPA99" . La première version a été RPA81 qui fut suivie par le RPA81 version de 1983 après le séisme de Chlef du 10 Octobre 1980 .La troisième version RPA88 a été suivie par la version RPA99. Les règles RPA99 tiennent compte des errements des séismes tels que le tremblement de terre de Oued Djer (Algérie) en octobre 1988 et celui d'Ain Témouchent en 22.12.1999. Ainsi elle introduit 4 sites de sol au lieu des 2 sites (sol meuble et sol ferme) du RPA88. Enfin le RPA99 version 2003, est en vigueur après le séisme du 21 Mai 2003.

Application du RPA99 :

Le RPA99 est applicable à toutes les constructions courantes. Il n'est pas directement applicable aux constructions telles que les ouvrages d'art et ceux enterrés.

1) Paramètres sismiques RPA99

- Zones Sismiques RPA99
- Classification des sites RPA99
- Facteur d'amplification Dynamique RPA99
- Coefficient de comportement RPA99
- Facteur de qualité RPA99

1-a) Zones sismiques RPA99-Coefficient d'accélération de zone : (A)

Il est défini 4 zones sismiques classées comme suit :

1. Zone 0 : Sismicité négligeable
2. Zone 1 : Sismicité faible
3. Zone 2 : Sismicité moyenne
4. Zone 3 : Sismicité élevée

Tableau 1 : Coefficient d'accélération

Groupe	Zone I	Zone IIa	Zone IIb	Zone III	Classification des ouvrages selon leur importance
1A	0.15	0.25	0.30	0.40	Ouvrages d'importance vitale : Sécurité-Hopitaux
1B	0.12	0.20	0.25	0.30	Ouvrages de grande importance: Scolaire et Culte
2	0.10	0.15	0.20	0.25	Ouvrages courants : Habitations- Bureaux
3	0.07	0.10	0.14	0.18	Ouvrages de faible importance: Hangars

1-b) Classification des sites RPA99

En fonction des caractéristiques, les sols sont classés en 4 sites:

Tableau 3 : Classification des sites

Site	Type de sol	qc(MPa)(c)	N (d)	Pl(MPa)(e)	Ep(MPa)(e)	qu(MPa)(f)	Vs(m/s)(g)
S1	Rocheux(a)			>5	>100	>10	>=800
S2	Ferme	>15	>50	>2	>20	>0.4	>=400 - <800
S3	Meuble	1.4 - 15	10 - 50	1 - 2	5 - 20	0.1 - 0.4	>=200 - <400
S4	Très meuble(b)	<1.5	<10	<1	<5	<0.1	>=100 - <200

(a) : La valeur de la vitesse de l'onde de cisaillement du rocher doit être mesurée sur site ou estimée dans le cas d'un rocher peu altéré. Les roches tendres ou très altérées peuvent être classées en catégorie S2 dans le cas où Vs n'est pas mesurée. Le site ne peut être classé dans la catégorie S1 s'il existe plus de 3 m de sols entre la surface du rocher et le niveau bas des fondations superficielles.

(b) : L'argile molle est définie par un indice de plasticité $I_p > 20$, une teneur en eau naturelle $W_n > 40\%$, une résistance non drainée $C_u < 25$ kPa et une vitesse d'onde de cisaillement $V_s < 150$ m/s.

*) Remarque : A défaut d'étude appropriée il est permis de considérer le site S3

1-c) Facteur d'amplification dynamique RPA99

Le facteur d'amplification dynamique est en fonction du site, du facteur de correction d'amortissement et de la période (T) fondamentale de la structure. Il est calé à un palier horizontal pour les faibles périodes.

1-d) Facteur de comportement RPA99

Le RPA99 donne pour chaque système de contreventement un coefficient de comportement global de la structure. La valeur du coefficient est donnée suivant le système de contreventement. La plus petite valeur de R est retenue dans le cas d'utilisation de système de contreventement différent dans les deux directions.

Structure en béton armé : Valeurs du coefficient de comportement : R

Catégorie	Type de contreventement	R
1a	Portiques autostables sans remplissage en maçonnerie rigide	5
1b	Portiques autostables avec remplissage en maçonnerie rigide	3.5
2	Voiles porteurs	3.5
3	Noyau	3.5
4a	Mixte portiques/voiles avec interaction	5
4b	Portiques contreventés par voiles	4
5	Console verticale à masses réparties	2
6	Pendule inverse	2

Structure en acier : Valeurs du coefficient de comportement : R

Catégorie	Type de contreventement	R
7	Portiques autostables ductiles	6
8	Portiques autostables ordinaires	4
9a	Ossature contreventée par palées triangulées en X	4
9b	Ossature contreventée par palées triangulées en V	3
10a	Mixte portiques/palées triangulées en X	5

10b	Mixte portiques/palées triangulées en V	4
11	portiques en console verticale	2

Structure en maçonnerie et autres systèmes : Valeurs du coefficient de comportement : R

Catégorie	Type de contreventement	R
12	Maçonnerie chaînée	2.5
13	Ossature métallique contreventée par diaphragme	2
14	Ossature métallique contreventée par noyau en béton armé	3
15	Ossature métallique contreventée par voiles en béton armé	3.5
16	ossature métal avec CV mixte noyau BA et palées ou portiques métal en façade	4
17	Systèmes comportant des transparences (étages souples)	2

1-e) Facteur de qualité (Q) RPA99

Le facteur de qualité est fonction de :

1. La redondance et la géométrie des éléments structuraux
2. La régularité en plan et en élévation
3. La qualité du contrôle de la construction

Chapitre VII. Justification des structures en béton armé

Combinaison d'actions aux ELS :

La combinaison d'action courante à l'ELS est la suivante :

$$G_{\max} + G_{\min} + Q_1 + \sum \psi_i Q_i$$

avec :

- G_{\max} : ensemble (somme) des actions permanentes défavorables.
- G_{\min} : ensemble (somme) des actions permanentes favorables.
- Q_1 : action variable de base.
- Q_i : autres actions variables d'accompagnement avec leur coefficient ψ_i .
- ..

Les combinaisons les plus courantes :

$$G + Q + 0.9(S \text{ ou } W) \quad (S : \text{snow} - W : \text{wind})$$

$$G + (S \text{ ou } W) + 0.8Q$$

Combinaison d'actions aux ELU

La combinaison d'action courante à l'ELU est la suivante :

$$1.35G_{\max} + G_{\min} + 1.5Q_1 + \sum 1.3\psi_i Q_i$$

avec :

- G_{\max} : ensemble (somme) des actions permanentes défavorables.
- G_{\min} : ensemble (somme) des actions permanentes favorables.
- Q_1 : action variable de base.
- Q_i : autres actions variables d'accompagnement avec leur coefficient ψ_i .

Les combinaisons les plus courantes :

$$\left. \begin{matrix} 1.35G \\ G \end{matrix} \right\} + 1.5Q + 1.2(S \text{ ou } W)$$

$$\left. \begin{matrix} 1.35G \\ G \end{matrix} \right\} + 1.5(S \text{ ou } W) + 1.04Q$$

Justification vis-à-vis de la résistance

Résistances caractéristiques du béton

Résistance caractéristique en compression f_{cj} :

Cette résistance (f_{cj} en Mpa) est obtenue par un grand nombre d'essais de compression jusqu'à rupture sur une éprouvette normalisée 16 cm * 32 cm (environ 200 cm²) cylindrique.

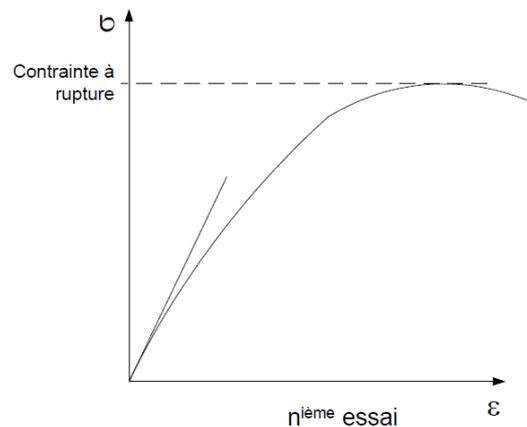


Fig 1 Courbe de comportement du béton en compression

f_{cj} est le résultat d'un calcul probabiliste qui accepte le risque que dans 5% ou 10% des cas la valeur réelle de résistance du béton soit inférieure (cas défavorable) à f_{cj} retenue.

Le durcissement du béton étant progressif, f_{cj} est fonction de l'âge du béton.

Aussi, la valeur conventionnellement retenue pour le calcul des ouvrages est f_{c28} , la résistance caractéristique du béton à 28 jours.

Résistance caractéristique en traction f_{tj}

Il est particulièrement difficile d'obtenir expérimentalement la résistance à la traction du béton.

C'est pourquoi, on retient conventionnellement : $f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$ (valable pour $f_{cj} < 60$ Mpa et f_{cj} exprimé en Mpa)

Exemple : Pour obtenir un béton de résistance caractéristique en compression $f_{c28} = 25$ Mpa, il faut :

- un béton de classe 55 dosé à 375 kg/m³ de ciment s'il est réalisé dans des conditions courantes.

- un béton de classe 55 dosé à 350 kg/m³ de ciment suffit s'il est réalisé dans des conditions de contrôle améliorées.

Sa résistance caractéristique en traction f_{t28} est égale à $0.6+0.06*25=2.1$ Mpa.

Résistance caractéristique de l'acier

Quel que soit le type d'acier utilisé, celui ci est supposé se comporter également en traction et compression. Il n'y a donc pas de distinction entre la résistance à la traction et à la compression.

On définit donc la résistance caractéristique de l'acier comme étant sa limite élastique garantie : f_e .

Stabilité générale des fondations superficielles

La vérification de la stabilité générale du site est souvent négligée pour des raisons plus ou moins bonnes dans le cadre du dimensionnement de **fondations superficielles**.

S'il est impératif de vérifier cette stabilité avant les travaux, pendant les travaux et en phase d'exploitation, il peut ne pas être nécessaire de réaliser des calculs dans certains cas.

Les conditions devant interpeller le géotechnicien sont les plus couramment un site en pente et/ou avec des conditions de sol très médiocres.

Souvent, cette vérification se traduit par des dispositions constructives spécifiques aux fondations (liaisonnement des fondations, fondations dans le sens de la pente, redans...), voire aux sites (renforcement, soutènement,...).

Différents types de joints sont employés lors de la réalisation d'un ouvrage en béton, notamment les **joints de dilatation** et les **joints de fractionnement**. Or ces deux joints sont bien souvent **confondus** dans le langage, bien qu'ils n'aient pas du tout la même fonction.

Joints de fractionnement ou de dilatation ? Voici l'explication.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE JOINTS QUE L'ON PEUT RENCONTRER EN CONSTRUCTION

En matière d'ouvrage en béton, il existe différents types de joints.

On peut citer :

- **Le joint de construction**, également dénommé **joint d'arrêt de coulage** : il permet d'isoler deux bétons d'âges différents.
- **Le joint de désolidarisation**, encore appelé **joint d'isolement** : il sert à désolidariser la dalle de tout obstacle qui peut gêner son libre mouvement (poteau, regard, seuil de porte, mur, ...).
- **Le joint de dilatation** : il permet au béton de se dilater et de se contracter librement sous l'effet des variations de température au gré des saisons.
- **Le joint de fractionnement**, encore appelé **joint de retrait** : il permet le libre retrait du béton (contraction naturelle et inévitable du béton liée à l'hydratation progressive du ciment).

LE RÔLE DU JOINT DE FRACTIONNEMENT

Du fait de l'hydratation du ciment et de son séchage progressif, **le béton fait naturellement du retrait** (voir notre article sur « le retrait du béton »).

Si l'on ne prévoit pas de joint de fractionnement sur une dalle de béton, elle fissurera tôt ou tard.

Le joint de fractionnement sert à **contrôler la fissuration** du béton.

Le but est de répartir à intervalles régulier des **amorces de fissures** (joints) afin de canaliser ces dernières et éviter qu'elles ne se propagent de façon anarchique.

LE RÔLE DU JOINT DE DILATATION

Le béton, comme tous les matériaux, réagit aux **variations de température** en se **dilatant** ou se **rétractant**.

Les variations de longueur induites ne posent pas de problème sur des ouvrages de **dimensions réduites**.

Cependant dès lors que les dimensions de l'ouvrage deviennent suffisamment grandes (dalle ou mur de plusieurs dizaines de mètres), ces **déformations deviennent significatives**.

Elles vont induire des contraintes dans l'ouvrage qui peuvent mener à sa la **fissuration** si on ne prévoit pas de **mise en décompression du béton** par un joint de dilatation.

Le joint de dilatation va alors **absorber les déformations** du béton sous l'effet des variations de température et empêcher la fissuration du béton.

LE JOINT DE DILATATION BÉTON : TOUS LES COMBIEN ?

Tout ouvrage en béton n'a pas forcément besoin de joints de dilatation.

La pose de joints de dilatation du béton pour éviter les fissures est à prévoir dans le cas de dalles dont la **longueur dépasse 30 mètres**.

En **maison individuelle**, les joints de dilatation ne sont en général **pas nécessaires** (pas besoin de joint de dilatation terrasse ou dalle intérieure).

En revanche, sur des **structures de grande longueur** (ex. bâtiment, trottoirs, voiries, esplanades, parkings), il convient de mettre en place des joints de dilatation.

On réalise aussi un joint de dilatation lorsque l'on construit **deux bâtiments mitoyens**. Il faut alors éviter que la maçonnerie de la nouvelle construction ne pousse l'ancienne construction, sous l'action de la dilatation. Pour éviter cela, il convient de laisser un espace de 4 cm environ entre les deux constructions mitoyennes.

Si votre dalle en béton fait **plus de 30m de long**, un joint de dilatation dalle béton doit être mis en place.

L'ordre de grandeur du dimensionnement de ces joints est un **espacement maximum entre joints de 30 mètres** dans les deux directions de la dalle, pour une **largeur de joint d'au moins 20mm sur toute l'épaisseur de la dalle**.

Pour plus d'informations, voir notre article « le joint de dilatation du béton ».

LE JOINT DE FRACTIONNEMENT : TOUS LES COMBIEN ?

Lorsque l'on réalise une dalle en béton pour une allée, une terrasse, un garage, etc, il convient de réfléchir en amont à la disposition des joints de fractionnement.

L'espacement des joints est défini par le **DTU 13.3** (Document Technique Unifié).

Il convient de disposer des joints de manière à découper la dalle en panneaux dont la dimension du plus grand côté est au plus égal à 5 m (**distance maximale entre joints = 5m**). On fractionne ainsi la dalle en panneaux de 25m² maximum.

Il est également nécessaire de réaliser des joints au niveau des **angles rentrants** (seuls de porte, regards, poteaux, ...).

Pour plus d'informations, voir notre article « le joint de fractionnement du béton ».