

MINISTERE DE L' EQUIPEMENT

**DOCUMENT TECHNIQUE REGLEMENTAIRE
D . T . R . BE 2-1**

**REGLES D' EXECUTION DES TRAVAUX
DE CONSTRUCTION D' OUVRAGES EN
BETON ARME**

**CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE
PARASISMIQUE C.G.S.
Rue Kaddour Rahim (prolongée) B.P. 262 Hussein-Dey – Alger
Tél : 77.66.73**

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL SPECIALISE

"Règles d'exécution des travaux de construction d'ouvrages en béton armé - DTR BE - 2-1

Président d' honneur:

M. TEBBAL F. Chef de cabinet au Ministère de l'équipement

Président du groupe:

M. DERMOUNE A. Chef de département structure CTC - Alger

Co-rapporteurs:

M. BELAZOUGUI M. Directeur du C.G.S.
MME BOUCHEFA O. Attaché de recherche au C.G.S.

Membres:

MM ABIDI F.	Ingénieur au CNERIB.
AIT L' HADJ	Ingénieur CTC - Bouira
ALAYAT K	Attaché de recherche au C.G.S.
AZZI M.	Chef d'agence d'Alger CTC - Centre
BELLILI M.A.	Chef de département au BEREP.
MME BELARBI H.	Attaché de recherche au C.G.S.
MM BOUDERBALLAH AEK	Directeur technique au BEREG
BOUZIDI K	Ingénieur à l' E.R.C.A.
FARSI M.	Chef de Service Analyse de structure C.G.S
KHALDI R.	Chef de département informatique B.E.REP.
KIRATI S.	Chef de service réglementation C.G.S.
MADIOU AEK	Ingénieur CTC - Tizi-Ouzou
MAHROUG A.	Directeur technique E.C.A.
MOKADDEM AEK	Ingénieur CTC - Blida
NECHADI T.	Ingénieur ER. Blida
ROUIDJALI R.	Chef d'agence CTC - Boumerdès
TIAR A.	Ingénieur E.C.A.

ARRETE N° 640/90 PORTANT APPROBATION DU DOCUMENT TECHNIQUE REGLEMENTAIRE SUR LES REGLES D' EXECUTION DES TRAVAUX D' OUVRAGES EN BETON ARME

Le Ministre de "l'Equipement,

- Vu le décret présidentiel no 90-224 du 25 Juillet 1990 modifiant et complétant le décret n° 89-178 du 16 Septembre 1989, portant nomination des membres du gouvernement,
- Vu le décret n° 90-122 du 30 Avril 1990 fixant les attributions du Ministère de l'Equipement,
- Vu le décret no 85-71 du 13 Avril 1985 portant création du C.G.S et le décret n° 86-216 du 19 Août 1986 le complétant,
- Vu le décret no 86-213 du 19 Août 1986 portant création d'une Commission Technique Permanente pour le contrôle technique de la construction,
- Sur rapport du Secrétariat de la Commission Technique Permanente pour le contrôle technique de la construction.

ARRETE

Article 1 - Est approuvé le document technique réglementaire "DTR - BE 21" portant sur les "règles d'exécution des travaux d'ouvrages en béton armé" annexé à l'original du présent arrêté.

Article 2 - Les maîtres d'ouvrages, les maîtres d'œuvres, les organismes de réalisation, d'expertise, et de contrôle sont tenus de respecter les dispositions du document technique réglementaire visé à l' article premier ci-dessus.

Article 3 - Le règlement susvisé est applicable à la date d'entrée en vigueur du présent arrêté pour toute nouvelle étude.

Toutefois, les études en cours ainsi que les projets types déjà élaborés sont régis par les textes antérieurs et ce à titre transitoire jusqu'au 31 décembre 1991,

Article 4 - Les modalités d'applications de ce règlement seront précisées en tant que besoin par décisions, instructions et circulaires ministérielles et par notes techniques et d'interprétation du Centre National de Recherche Appliquée en Génie Sismique (C.G.S.).

Article 5 - Le C.G.S est chargé de l'édition et de la diffusion du présent document technique réglementaire.

Article 6 - Le présent arrêté sera publié au Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

Fait à Alger, le 13 Novembre 1990

Le Ministre de l'Equipement

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I

PREAMBULE

1.1. OBJET

1.2. DOMAINE D'APPLICATION

- 1.2.1. Les constructions courantes
- 1.2.2. Les constructions industrielles
- 1.2.3. Les constructions spéciales

CHAPITRE II

COFFRAGES - ARMATURES

2.1. COFFRAGES

- 2.1.1 Coffrages - étaieiment
- 2.1.2 Joints des coffrages
- 2.1.3 Flèches et contre – Flèches
- 2.1.4 Nettoyage
- 2.1.5 Humidification
- 2.1.6 Huilage
- 2.1.7 Entretien
- 2.1.8 Processus de décoffrage

2.2. ARMATURES

- 2.2.1 Façonnage des armatures
- 2.2.2 Interdiction du dépliage
- 2.2.3 Mise en place et arrimage des armatures
- 2.2.4 Soudage
- 2.2.5 Armatures en attente, dispositions particulières relatives à la sécurité des personnes

CHAPITRE III

PRESCRIPTIONS GENERALES RELATIVES AUX CONSTITUANTS

3.1 COMPOSITION DU BETON

3.2 CIMENTS

3.2.1 Classification et qualité du ciment

3.2.2 Choix du ciment

3.2.3 Stockage du ciment

3.3 GRANULATS

3.3.1 Classification granulométrique

3.3.2 Granularité

3.3.3 Dimension maximale

3.3.4 Propreté

3.3.5. Nature et forme

3.4 EAU DE GACHAGE

3.5 ADJUVANT

3.5.1 Utilisation du chlorure de calcium comme adjuvant

3.6 DOSAGES

3.6.1 Dosage du ciment

3.6.2 Dosage des granulats

3.6.3 Dosage de l'eau et plasticité

CHAPITRE IV

CLASSIFICATION DES CHANTIERS ET MISE EN ŒUVRE DU BETON

- 4.1 CLASSIFICATION DES CHANTIERS
- 4.2 DOSSIER D' ETUDE DES BETONS
- 4.3 FABRICATION DU BETON
 - 4.3.1 Confection
 - 4.3.2 Approvisionnement du malaxeur
 - 4.3.3 Processus de malaxage
- 4.4 TRANSPORT ET MISE EN ŒUVRE DU BETON
 - 4.4.1 Contrôles avant bétonnage
 - 4.4.2 Transport du béton
 - 4.4.3 Mise en œuvre du béton
- 4.5 VIBRATION DU BETON
 - 4.5.1 Vibration interne (pervibration)
 - 4.5.2 Vibration superficielle
- 4.6 MISE EN PLACE DU BETON - INTERRUPTION ET REPRISE DE BETONNAGE
 - 4.6.1 Mise en place du béton
 - 4.6.2 Interruption et reprise de bétonnage
 - 4.6.3 Etuvage du béton
 - 4.6.4 Cure du béton
 - 4.6.5 Bétonnage par temps froid
 - 4.6.6 Bétonnage par temps chaud
 - 4.6.6.1 Choix des matériaux
 - 4.6.6.2 Confection des bétons et mise en œuvre
 - 4.6.6.3 Protection et cure
 - 4.6.6.4 Contrôle
- 4.7. REBOUCHAGE - RAGREAGE - PERCEMENTS - SCELLEMENTS
 - 4.7.1 Rebouchage - Ragrèages et finitions
 - 4.7.2 Perçements - Scellements
- 4.8 PIECES PREFABRIQUEES EN BETON
- 4.9 RESISTANCE CARACTERISTIQUE MAXIMALE DU BETON

CHAPITRE V VERIFICATIONS

5.1. VERIFICATIONS CONCERNANT LES ARMATURES

5.2. VERIFICATIONS CONCERNANT LE BETON

- 5.2.1. Vérification des matériaux
- 5.2.2. Vérification des équipements
- 5.2.3. Vérifications du béton
 - 5.2.3.1 Béton frais
 - 5.2.3.2 Béton durci
- 5.2.4. Vérification en fonction des phases de construction

CHAPITRE VI

CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DES OUVRAGES

6.1. TOLERANCES DIMENSIONNELLES DE CONSTRUCTION

- 6.1.1. Ouvrage fini
- 6.1.2. Position des armatures

6.2. ETATS DE SURFACE

- 6.2.1. Parements des parois latérales et sous-faces
- 6.2.2. Parements des surfaces de dalles et planchers.

CHAPITRE VII

PLANS ET NOTES DE CALCUL

ANNEXE I - RESISTANCE CARACTERISTIQUE

ANNEXE II - UTILISATION DU SCLEROMETRE

ANNEXE III - FUSEAU GRANULOMETRIQUE RECOMMANDE
POUR LE SABLE

CHAPITRE I

PREAMBULE

1.1. OBJET

Le présent document des clauses techniques définit les conditions d'exécution des ouvrages en béton et en béton armé de granulats courants justiciables des règles de conception et de calcul.

Toutefois, pour les points au sujet desquels il y aurait discordance entre le présent cahier des clauses techniques et un cahier des clauses techniques DTR particulier, ce sont les prescriptions de ce dernier qui seraient à prendre en considération.

Ces ouvrages ou éléments d'ouvrages peuvent être coulés en place ou préfabriqués sur le chantier ou en usine.

Le présent document des clauses techniques traite de l'exécution des ouvrages réalisés dans des conditions climatiques courantes. Des dispositions complémentaires sont à prendre dans le cas de conditions climatiques différentes.

Le présent document des clauses techniques fixe les vérifications techniques minimales qui incombent à l'entreprise.

Commentaire :

Le présent document des clauses techniques ne traite donc pas:

- Des ouvrages réalisés à partir de granulats lourds ou légers ainsi que de ceux en béton caverneux ou cellulaire et de ceux en gros béton ;
- D'ouvrages spéciaux pour lesquels des prescriptions particulières d'exécution sont données; par exemple: cheminées, cuves et réservoirs;
- D'éléments préfabriqués non traditionnels. Lorsque de tels éléments font l'objet d'un agrément ou d'un document, leur emploi est précisé dans ce document. En l'absence de document leur emploi relève de l'accord entre les parties;
- Des éléments provenant d'une fabrication contrôlée en usine et titulaires d'un certificat de qualification délivré par un organisme certificateur agréé par les instances compétentes;

1.2. DOMAINE D' APPLICATION

Le domaine d'application comprend:

1.2.1. Les constructions courantes:

Dans les "constructions courantes", les charges d'exploitation sont modérées : les valeurs de ces charges sont alors au plus égales à deux fois celles des charges permanentes ou à 5.000 N/m² (1).

De plus, les charges d'exploitation localisées appliquées à un élément quelconque de plancher (dalle, poutrelle, poutre) et généralement associées implicitement aux charges réparties (2) doivent être inférieures à la plus grande des deux valeurs: 2.000 N et le quart de la charge d'exploitation totale susceptible d'être appliquée à cet élément.

Commentaires :

(1) Entrent normalement dans cette catégorie:

- les bâtiments à usage d'habitation et d'hébergement,
- les bâtiments à usage de bureaux,
- les constructions scolaires,
- les constructions hospitalières,

et, le plus souvent:

- les bâtiments à usage commercial (magasin, boutiques...), à l'exclusion des bâtiments de stockage.
- les salles de spectacle.

Les cas n'entrant pas dans le cadre normal visé ci-dessus sont, par exemple, ceux où les points d'appui des différents niveaux de la structure ne sont pas superposés.

(2) Ce sont par exemple, des charges mobiles de faible intensité, l'action d'un cric, les charges de meubles, de cloisonnements ou d'autres équipements de faible poids (appareils ménagers, canalisations).

1.2.2. Les constructions industrielles:

Dans les "constructions industrielles", les charges d'exploitation sont relativement élevées: les valeurs de ces charges sont alors supérieures à deux fois celles des charges permanentes ou à 5.000 N/m²; elles comprennent le plus souvent des charges localisées importantes, éventuellement mobiles, et pouvant donner lieu à des effets dynamiques.

Commentaire :

Entrent normalement dans cette catégorie:

- les bâtiments industriels proprement dits (usines, ateliers...)
- les entrepôts.

1.2.3. Les constructions spéciales:

Pour ces constructions, le domaine d'application est limité aux parties de ces constructions qui sont assimilables aux constructions courantes et industrielles.

Commentaire :

Une construction spéciale est, par exemple, un parking en site urbain dont la couverture constitue une chaussée publique qui, en tant qu'ouvrage d'art, relève d'un autre document réglementaire, mais dont les autres parties à usage de parking de véhicules légers forment une construction courante.

CHAPITRE II

COFFRAGES - ARMATURES

2.1. COFFRAGES

2.1.1. Coffrages – Etalement

On distingue quatre catégories de coffrages ou parois de moules qui, dans l'ordre de qualité croissante, se classent en :

- coffrages ordinaires,
- coffrages soignés,
- coffrages à parement fin,
- coffrages spéciaux.

Les documents particuliers à chaque marché doivent fixer, pour chaque parement d'ouvrage, la catégorie dans laquelle se classe le coffrage sur lequel il doit être moulé.

Les coffrages et étalements doivent présenter une rigidité suffisante pour résister, sans tassements ni déformations nuisibles, aux actions de toute nature qu'ils sont exposés à subir pendant l'exécution des travaux, et notamment aux efforts engendrés par le serrage du béton.

Les coffrages doivent être suffisamment étanches pour que le serrage par vibration ne soit pas une cause de perte de laitance et en particulier d'une partie appréciable de ciment.

2.1.2. Joints des coffrages

Si des rubans adhésifs sont employés pour l'obturation des joints de coffrages, ils doivent présenter une adhérence telle qu'aucun décollage ne risque de se produire au bétonnage, même en cas d'enduction d'huile des coffrages. .

Il est proscrit d'utiliser tout produit non adéquat, voire nocif (tel que plâtre ou autres), pour l'obturation de ces joints.

2.1.3. Flèches et contre - flèches :

Les flèches et contre -flèches à donner aux coffrages, cintres, etc... doivent être déterminées en fonction de la flèche ou contre -flèche prévue pour l'ouvrage terminé.

Pour les poutres de grande portée, il est recommandé de donner au coffrage une contre - flèche, déterminée de telle manière qu'après décoffrage, l'aspect esthétique de la structure puisse être considéré comme satisfaisant.

2.1.4. Nettoyage:

Immédiatement avant bétonnage, les coffrages doivent être nettoyés avec soin, de manière à les débarrasser des poussières et débris de toute nature.

Des fenêtres à obturation mobile doivent être réservées, si besoin, pour faciliter le nettoyage éventuel à l'air comprimé.

2.1.5 Humidification :

Avant mise en place du béton, il faut arroser de manière abondante:

- les coffrages ordinaires composés de sciages;
- les coffrages ordinaires composés de panneaux de fibre de bois agglomérée ou de contreplaqué;
- coffrages soignés composés de sciages.

Les arrosages doivent être éventuellement réalisés en plusieurs phases successives, de manière à obtenir une humidification des bois aussi complète que possible. Néanmoins, les surfaces humides ne doivent pas être ruisselantes et l'eau en excès doit être évacuée avec soin, de préférence à l'air comprimé.

Commentaire :

L'humidification des coffrages a pour but de resserrer les joints et d'éviter la dessiccation trop rapide du béton sur ces parements. Elle présente une importance particulière pendant les périodes sèches et chaudes. Si des coffrages métalliques sont utilisés, il y a lieu de se référer aux prescriptions du D .T. R. "Règles d'exécution des travaux d'ouvrages en béton banché",

2.1.8. Huilage :

Avant mise en place du béton, il faut, en vue de faciliter le décoffrage ultérieur, enduire d'huile:

- tous les coffrages métalliques;
- les coffrages soignés composés de panneaux de contreplaqué ou de fibre de bois agglomérée, ainsi que tous les coffrages pour parement fin qui ne seraient pas revêtus d'un produit spécial de démoulage; l'huile en excès au fond des moules doit être époncée avant bétonnage.

Les huiles employées doivent être des huiles spéciales dites "de démoulage". Elles doivent être propres (c'est-à-dire ne pas laisser de traces sur les parements du béton) et ne présenter aucune réaction acide. A cet égard il est absolument proscrit d'utiliser les huiles brutes de vidange.

L'enduction d'huile des coffrages pour parements fins en bois de sciage, contreplaqué ou fibre de bois, doit être effectuée par application successive de deux couches au moins, de manière à bien imprégner le bois.

Commentaire :

Les huiles acides réagissent sur le béton et provoquent le farinage des parements. Par ailleurs, si aucun enduit intermédiaire n'est prévu, il est recommandé de vérifier que les peintures ultérieures des sols, murs ou plafonds ne sont pas incompatibles avec la qualité du produit de décoffrage employé.

2.1.7. Entretien:

Si plusieurs emplois sont prévus pour un même coffrage, celui-ci doit être parfaitement nettoyé et remis en état avant tout nouvel usage.

2.1.8. Processus de décoffrage:

Le décoffrage du béton doit être effectué avec précaution, sans chocs et par efforts purement statiques (1).

Les délais de décoffrage doivent tenir compte des ralentissements de durcissement du béton que peuvent provoquer l'abaissement de la température ou l'exposition au vent, notamment en cas d'emploi de ciment à teneur en laitier relativement élevée (2).

Les joints de retrait et de dilatation doivent être débarrassés de tous les éléments susceptibles de s'opposer à leur fonctionnement.

De manière générale, le décoffrage doit être effectué de manière à ne provoquer aucune contrainte supérieure aux contraintes normales de service de l'ouvrage. En particulier, dans le cas de décoffrage de grands auvents, il ne faut décoffrer qu'à partir de l'extrémité libre, en décalant les étais au fur et à mesure de la progression du décoffrage. Par ailleurs, lorsque le décoffrage n'est pas total et que subsiste une file intermédiaire d'étais, ces derniers doivent être conçus de manière à permettre la poursuite du décoffrage. Il est interdit de décoffrer entièrement et de replacer ensuite des étais provisoires.

Lorsque certains aciers d'armature se trouvent accidentellement à nu lors du décoffrage, il convient, avant ragréage, de procéder à un examen attentif de la zone défectueuse.

Les opérations de décoffrage et de désétalement ne peuvent être effectuées que lorsque la résistance du béton est suffisante, compte tenu des sollicitations de l'ouvrage, pour éviter toute déformation excessive. Ces opérations doivent se faire de façon régulière et progressive pour ne pas entraîner des sollicitations brutales dans l'ouvrage.

Par temps froid, les délais avant décoffrage doivent être augmentés, à défaut de précaution particulière concernant la maturation du béton (3).

Commentaires:

(1) L'attention est appelée sur l'intérêt des mesures des flèches au décoffrage dans le cas de certains ouvrages de caractère exceptionnel (voûtes, porte-à-faux, structures de grande portée, etc...)

Dans de nombreux cas, l'examen des diagrammes de flèches peut permettre de juger si le décoffrage doit être poursuivi ou si des essais sous charges de service doivent être envisagés.

(2) A titre indicatif, dans le cas d'un béton normal (sans accélérateur, ni retardateur de prise), les délais suivants peuvent être adoptés:

- 2 à 3 jours, lorsque les coffrages sont peu chargés par le béton (voiles, parois, murs, etc...)
- 6 à 8 jours, pour les coffrages des pièces ne supportant que leur propre poids (par exemple, hourdis);
- 12 à 15 jours, pour les coffrages et étais de pièces porte-à-faux ou d'éléments porteurs.

(3) On peut réduire notablement le délai pendant lequel l'ouvrage doit rester coffré si un étalement adapté est maintenu pendant une durée suffisante.

2.2. ARMATURES

2.2.1. Façonnage des armatures

La coupe des armatures doit être faite mécaniquement, sauf pour les aciers de nuance Fe E 215 ou Fe E 240, où elle peut également être faite par effet thermique.

Le cintrage doit être fait, progressivement et à vitesse suffisamment lente, mécaniquement à l'aide de mandrins, ou partout autre procédé permettant de respecter les rayons de courbure minimaux prescrits. Le cintrage des aciers de nuance Fe E 400 ou Fe E 500 durs doit être fait à température ambiante.

A défaut de précaution spéciale, le façonnage des armatures est interdit lorsque la température ambiante est inférieure à zéro degré, exception faite pour les aciers doux.

2.2.2. Interdiction du dépliage:

Tout dépliage comporte de gros risques. En conséquence, tout dépliage systématique doit être interdit. Si une courbure ou une pliure doit subir une correction éventuelle in situ, cette correction doit être réalisée par accentuation du pliage, mais elle ne doit jamais être exécutée par dépliage, même partiel. Le dépliage des aciers écrouis ou naturellement durs est interdit.

2.2.3. Mise en place et arrimage des armatures:

Au moment du bétonnage, les armatures doivent être sans plaques de rouille ni calamine non adhérentes et ne doivent pas comporter de traces de terre, ni de graisse.

Les armatures doivent être mises en place conformément aux dispositions définies dans les plans.

Ces armatures doivent être arrimées entre elles et calées sur le coffrage, de manière à ne subir aucun déplacement ni aucune déformation notable lors de la mise en œuvre du béton.

La nature des cales et leur positionnement dans le béton doivent être compatibles avec le bon comportement ultérieur de l'ouvrage, notamment en ce qui concerne la protection des armatures contre la corrosion et, le cas échéant, la résistance au feu.

Commentaire :

L'emploi de cales en acier, dont certaines parties pourraient être visibles après décoffrage et exposées à la corrosion, est interdit. En effet cet emploi risquerait de compromettre, non seulement l'aspect esthétique, mais également la durabilité de l'ouvrage. L'emploi de cales en mortier n'est autorisé que si leur présence ne diminue en rien la qualité et l'aspect de l'ouvrage.

L'emploi de cales en matière plastique est vivement recommandé.

2.2.4. Soudage

Dans le cas où il est autorisé, le soudage doit être effectué conformément aux prescriptions figurant sur les fiches d'homologation des aciers, même lorsqu'il s'agit de soudure de maintien des armatures.

Les modes de soudage autorisés sont:

- a) soudures en bout par étincelage;
- b) soudures en bout à l'arc électrique avec joints chanfreinés,
- c) recouvrement soudés à l'arc électrique avec cordons longitudinaux.

Tout soudage au chalumeau est interdit.

2.2.5. Armatures en attente, dispositions particulières relatives à la sécurité des personnes:

La prévention des blessures que peuvent les armatures en attente au personnel doit être assuré au stade des études et de l'établissement des plans, par le choix de détails technologiques appropriés puis, au stade de l'exécution, par le choix des méthodes et matériels de réalisation et de protection.

On peut ainsi, en choisissant la solution la mieux adaptée:

- soit modifier la nature et/ou la forme des armatures dans le respect des règles du béton armé et des produits du commerce;
- soit, toujours dans le respect des règles du béton armé et des produits du commerce, ceinturer les attentes à leur partie haute par un cadre solidement fixé, remonter le niveau du recouvrement des armatures verticales en attente, mettre en place des panneaux d'armatures dont l'acier de répartition soit proche de l'extrémité des aciers en attente;
- soit définir des moyens et instructions de sécurité appropriés;
- soit isoler matériellement les postes de travail et les circulations des zones dangereuses.

CHAPITRE III

DESCRIPTIONS GENERALES RELATIVES AUX CONSTITUANTS

3.1. COMPOSITION DU BETON

Définition:

Le béton est constitué par un mélange intime de matériaux inertes, appelés "granulats" (sables, graviers, pierres cassées...) avec du ciment et de l'eau. Grâce à l'action du ciment, le mélange ainsi obtenu, appelé "béton frais", commence à durcir après quelques heures et acquiert progressivement ses caractères de résistance.

3.2. LES CIMENTS

3.2.1. Classification et qualité du ciment:

Le ciment utilisé est généralement un ciment de classe "Portland" avec ou sans constituants secondaires. La qualité du ciment doit être définie par l'indication de la résistance à la compression, obtenue à 28 jours sur mortier normal et exprimée en Méga Pascal MPA *

Commentaire:

On distingue généralement:

- les ciments "Portland" sans constituants secondaires;
- les ciments "Portland" avec constituants secondaires, tels que laitier, cendres, pouzzolanes, etc...;
- les ciments spéciaux, tels que les ciments sur sulfatés ou alumineux.

Les qualités des divers ciments sont variables; les résistances obtenues à la compression sur éprouvettes de mortier normal à 28 jours présentent, en moyenne, les ordres de grandeur suivants:

- ciment Portland à haute résistance initiale 40 MPA
- ciment Portland normal avec ou sans constituants secondaires:
 - à haute résistance 32,5 MPA
 - ordinaire 25 MPA
- ciments sur sulfatés :
 - à haute résistance 32,5 MPA
 - à durcissement rapide 40 MPA
- ciments alumineux : 57,5 MPA

(*) 1 MPA = 1N/mm² = 10 bars.

3.2.2. Choix du ciment:

La classe et la qualité du ciment doivent être choisies en fonction de la nature de l'ouvrage à construire, de ses caractères structurels, de sa destination et des diverses qualités requises. compte tenu notamment des circonstances climatiques et locales: temps chaud, temps froid, présence d'eaux agressives. etc...

Commentaire :

Pour les ouvrages courants en béton armé ou béton précontraint, on peut employer un ciment Portland à haute résistance de la classe 325. Mais, pour des ouvrages en béton précontraint, qui comporteraient des mises en tension sur béton jeune ou nécessiteraient des décoffrages rapides, on pourrait envisager l'emploi de ciment à haute résistance initiale. Dans le cas d'ouvrage construit en milieu agressif (présence d'eau chargée en sulfate de chaux), on doit, de préférence, utiliser un ciment convenablement chargé en laitier (plus de 80 %).

Dans le cas de travaux à la mer, on doit, de préférence, employer un ciment de classe "prise Mer". Pour les bétons en grande masse, on doit éviter l'emploi des ciments à très haute résistance, ainsi que des dosages trop riches ($> 350 \text{ kg/m}^3$), qui risqueraient de provoquer un Important dégagement de chaleur de prise.

Pour les bétons réfractaires, on peut employer les ciments alumineux. Pour les ouvrages nécessitant des parements à caractère architectural et décoratif, il est conseillé d'utiliser du ciment blanc de classe Portland ou à haute résistance initiale

3.2.3. Stockage du ciment

Le ciment peut être stocké, soit en sacs ou barils, soit en vrac dans des silos. Le stockage doit être effectué à l'abri des intempéries et notamment de l'humidité. L'emmagasiner des sacs ou barils doit être systématiquement organisé, de manière à éviter que certains sacs ou barils soient consommés avec un retard excessif et ne subissent ainsi un vieillissement exagéré.

3.3. GRANULATS

3.3.1. Classification granulométrique

La classe granulométrique d'un granulat (sables, graviers, pierres cassées...) est définie par deux dimensions d_o et d_M , qui correspondent respectivement au plus petit et plus gros des grains constituant ce granulat. Par définition, un granulat est de classe d_o/d_M lorsque, pour $d_M > 2 d_o$, on obtient:

- sur la passoire à trous d_M , refus inférieur à 10 %;
- sur la passoire à trous d_o , un tamisât inférieur à 10 %;
- sur la passoire à trous $d_o/2$, un tamisât inférieur à 3 %.

Les granulats peuvent être subdivisés d'après les catégories suivantes:

Classification des granulats	Mailles des tamis (en mm)	Diamètre de. passoires (en mm)
Fines (farines ou fillers)	$< 0,08$	-
Sables (fins (moyens (gros	De 0,08 à 0,315 De 0,315 à 1,25 De 1,25 à 5	-
graviers (petits..... (moyens (gros	-	De 6,3 à 10 De 10 à 16 De 16 à 25
Pierres (petits Cassées ou (moyens cailloux (gros	-	De 25 à 40 De 40 à 63 De 63 à 100

3.3.2. granularité :

La granularité du granulat est définie par sa courbe granulométrique, déterminée par analyse au moyen de tamisages successifs. Cette courbe doit être intérieure à un fuseau, fixé à priori et définissant la granularité admissible du granulat.

Commentaire :

Le tracé de la courbe granulométrique est rapporté, en abscisses, aux dimensions des mailles de tamis (ou trous de passoires) et, en ordonnées, au pourcentage de granulats passant à travers chacun des tamis (ou passoires).

La graduation en abscisses n'est généralement pas linéaire; on peut, par exemple, adopter une graduation $\sqrt[5]{dM}$.

Les dimensions des tamis ou passoires à employer pour les analyses granulométriques courantes peuvent être les suivantes:

(1) Tamis (pour les sables) :

mailles (en mm): 0,08; 0,16; 0,315; 0,625; 1,25; 2,50; et 5 mm.

(2) Passoires (pour les graviers et cailloux) :

trous (\varnothing en mm): 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 62,5; 80; et 100 mm.

On admet que le résultat du tamisage sur un tamis de 5 mm est approximativement le même que sur une passoire de 6,3 mm.

La forme de la courbe granulométrique renseigne sur la composition d'un granulat d_0/d_M qui peut être plus ou moins riche en petits ou en gros éléments.

Pour la confection de bétons de haute qualité, il est recommandé, sauf circonstances techniques ou économiques particulières, d'utiliser des sables dont la courbe granulométrique est contenue dans le fuseau recommandé figurant à l'annexe III.

3.3.3. Dimension maximale

La dimension maximale des granulats doit être compatible avec les dimensions de l'ouvrage à réaliser et l'espacement des armatures prévus dans cet ouvrage dans le cadre des prescriptions des règles de calcul en vigueur.

En particulier, la dimension maximale d_M des granulats employés doit rester inférieure, d'une part à l'espace libre horizontal entre deux armatures (ou entre une armature et le coffrage), d'autre part au quart (25%) de l'épaisseur de la pièce.

3.3.4. propreté

Les granulats employés doivent être propres et exempts de toutes matières étrangères, telles que: scories, charbon, gypse, débris de bois, feuilles mortes, matières organiques, etc...

3.3.5. Nature et forme :

Comme granulat, on doit utiliser, soit des sables, graviers et cailloux naturels, soit les produits de concassage de roches appropriées.

Il faut éviter notamment d'employer des roches trop friables ou trop tendres (comme certains calcaires) ou se décomposant à l'air (comme certains porphyres) ou par hydratation (comme certains schistes).

Par contre, on peut utiliser, après concassage, certains laitiers de hauts fourneaux.

Pour ce qui est de la forme géométrique, il faut éviter d'employer les graviers en forme de "plats" ou "d'aiguilles".

Commentaire :

Dans le choix de la nature des granulats, on doit s'efforcer, dans la mesure du possible, d'obtenir, d'une part, une dureté satisfaisante (qui conditionne celle du béton), d'autre part, une adhésivité suffisante de la pâte de ciment (qui est également indispensable à la résistance). En effet, la rupture du béton est due généralement, soit à la rupture des granulats, soit à la rupture de l'adhérence de la pâte de ciment aux granulats.

3.4. EAU DE GACHAGE

L'eau de gâchage doit être propre et ne pas contenir plus de 5 grammes par litre de matières en suspension (vases, limons, etc.), ni plus de 35 grammes de matières et sels solubles, sous réserve que ces sels dissous ne risquent pas de nuire à la conservation des bétons (acides, sulfates, sels corrosifs, matières organiques).

L'eau de mer n'est pas autorisée, sauf justifications spéciales et accord du Maître de l' Œuvre.

Toute eau de qualité douteuse doit être soumise à une analyse.

Commentaire :

L'utilisation d'eau de mer comme eau de gâchage provoque généralement une chute sensible de la résistance du béton; de plus, elle favorise la corrosion des armatures et peut être particulièrement dangereuse dans le cas de bétons fortement armés ou précontraints. De toute façon, Il faut considérer que le poids de chlorure de sodium introduit par l'eau de mer est d'environ 2 % du poids du ciment.

3.5. ADJUVANTS

Les adjuvants sont des produits d'addition, ajoutés en faible quantité aux mortiers et bétons au début de leur malaxage et destinés à en modifier certains caractères. L'utilisation des adjuvants doit faire l'objet de justifications spéciales, ainsi que d'un accord du Maître de l'Œuvre.

Le mode d'emploi et le dosage doivent être prescrits par le Maître de l'Œuvre et strictement respectés. Des précautions particulières doivent être prises pour assurer une répartition uniforme du produit dans le mélange.

Commentaire:

Les adjuvants se présentent sous forme de poudres ou de liquides que l'on ajoute au début du malaxage, afin d'en assurer une répartition uniforme.

On distingue principalement:

(1) Les plastifiants et fluidifiants:

Ces produits permettent de réduire la quantité d'eau de gâchage pour une même plasticité ou d'accroître la plasticité pour une meilleure ouvrabilité sans augmentation de l'eau de gâchage.

(2) Les entraîneurs d'air:

Ces produits, parfois; mélangés préalablement au ciment provoquent l'inclusion dans la masse de béton de bulles d'air, nombreuses mais très fines, qui confèrent au béton frais une plus grande plasticité et au béton durci une meilleure résistance au gel.

(3) Les retardateurs de prise:

Ces produits peuvent être nécessaires lorsque la prise du béton doit être retardée (arrêt et reprise de bétonnage, parements lavés, bétonnage par temps très chauds, etc.).

(4) Les accélérateurs de prise:

Ces produits sont utilisés en cas de décoffrage rapide ou de bétonnage par temps froid. Un accélérateur de prise couramment utilisé est le chlorure de calcium, mais son emploi est sévèrement limité, en raison de risques graves de corrosion des armatures.

Certains adjuvants peuvent :

- soit présenter des dangers de corrosion pour les armatures et les éléments incorporés au béton (serpentins de chauffage, plomberie, etc.);
- soit agir fâcheusement sur d'autres caractères (les accélérateurs de durcissement augmentent le retrait, les anti-gels diminuent la résistance, etc.).

Ces dangers doivent être pris en considération lors du choix d'un adjuvant.

Par ailleurs, il faut se rappeler, en toutes occasions, que le dosage d'un adjuvant doit être faible et uniforme. La plupart des incidents, imputables à l'emploi d'adjuvants, sont dus à des dosages excessifs, souvent difficiles à contrôler sur chantier, ou à des mélanges non parfaitement homogènes.

3.5.1. Utilisation du chlorure de calcium comme adjuvant:

L'emploi de chlorure de calcium et d'adjuvants chlorés n'est autorisé que dans des limites bien précises.

En effet en raison de risques graves de corrosion des armatures, l'utilisation de chlorure de calcium et des adjuvants contenant des chlorures est interdite pour la confection des mortiers et bétons entrant dans la construction ou la fabrication :

- des ouvrages en béton précontraint;
- des cuves et réservoirs;
- des planchers dans lesquels les armatures principales ou secondaires des poutrelles sont constituées par des feuillards ou des tôles minces;
- des planchers dans lesquels sont incorporés des serpentins de chauffage;
- des éléments en béton traités par étuvage.

Pour les autres ouvrages en béton armé, l'utilisation de chlorure de calcium et des adjuvants contenant des chlorures n'est autorisée que sous les réserves suivantes:

1) Le chlorure de calcium et les adjuvants contenant des chlorures ne doivent pas être employés avec les ciments de laitier à base de chaux, ni avec les ciments alumineux, ni avec les ciments métallurgiques sur sulfatés.

Pour les ciments autres que les ciments Portland, on doit procéder préalablement à un essai de prise, et s'il y a lieu, en raison des conditions d'utilisation du béton, à un essai de résistance à la compression à court terme, car les résultats varient suivant la nature et les proportions des constituants, ainsi que suivant la proportion des chlorures éventuellement incorporés dans le ciment à la fabrication.

2) Les dosages maximaux autorisés de chlorure de calcium, rapports entre le poids de chlorure de calcium du commerce (paillettes à 75 - 77 % de CaCl_2) et le poids de ciment mis en œuvre, sont les suivants:

- 2 % pour les mortiers, pour les bétons non armés et pour les bétons armés dont les armatures sont recouvertes d'au moins 4 cm de béton

-1 % pour les bétons armés lorsque les armatures sont recouvertes d'au moins 2 cm de béton.

Les dosages indiqués concernent la quantité totale des chlorures, c'est-à-dire qu'ils tiennent compte de la quantité de chlorures qui est éventuellement contenue dans le liant, ou dans un autre constituant du béton, ou dans un autre adjuvant utilisé conjointement avec le chlorure de calcium.

Si donc on emploie un autre adjuvant conjointement avec le chlorure de calcium, il faudra s'assurer que le second adjuvant ne contient pas de chlorure, ou s'il en contient, en tenir compte et vérifier que la quantité totale de chlorure ne dépasse pas, compte tenu des autres sources possibles d'introduction de chlorures, le pourcentage maximal autorisé.

Le chlorure de calcium et les adjuvants contenant du chlorure doivent être conservés à l'abri de l'humidité. Le chlorure de calcium et les adjuvants contenant du chlorure ne doivent jamais être incorporés directement dans les mortiers et bétons. Quelque soit le mode d'incorporation (solution préalable dans l'eau et addition de cette solution à l'eau de gâchage) on doit toujours s'assurer que le produit est totalement dissous et prendre les dispositions nécessaires pour que la concentration soit aussi uniforme que possible. On doit, en particulier, utiliser un agitateur pour homogénéiser la solution à tous ses stades, aussi bien au stade de l'utilisation d'une solution préalable qu'au stade du mélange à l'eau de gâchage.

Lorsqu'on utilise conjointement du chlorure de calcium ou un adjuvant contenant des chlorures avec un autre adjuvant, on doit s'assurer qu'il n'y a pas d'incompatibilité des deux produits, c'est-à-dire que le mélange des deux adjuvants ne doit pas donner naissance à des réactions chimiques susceptibles d'annihiler l'effet escompté; il ne doit pas, en particulier, entraîner de précipitation de sel Insoluble.

Commentaire:

Pour l'utilisation du chlorure de calcium, sans utilisation conjointe d'un autre adjuvant contenant du chlorure, la méthode suivante est recommandée:

On prépare au préalable une solution de chlorure de calcium dans l'eau de la façon suivante:

- a) se procurer un réservoir de plus de 100 litres ;
- b) y verser 80 litres d'eau et repérer le niveau par une marque indélébile;
- c) y verser progressivement un sac de chlorure de calcium, en agitant vigoureusement et continuellement pour assurer la dissolution complète des paillettes : on obtient ainsi 100 litres d'une solution dont le titre correspond à 0,5 kg de paillettes par litre;
- d) dans la bétonnière en marche, dans laquelle on aura introduit au moins la moitié de l'eau de gâchage nécessaire, verser autant de fois 2 litres de solution que de kilogrammes de chlorure à introduire dans le béton, c'est-à-dire par exemple :
1 litre de solution par sac de ciment de 50 kg, lorsque le dosage prévu est de 1 % du poids de ciment (0,5kg de chlorure pour 50 kg de ciment);
- e) ajouter le complément d'eau. de gâchage;
- f) laisser ensuite tourner la bétonnière pendant un temps suffisant pour obtenir un bon mélange (au moins une minute et demie ou davantage, selon l'efficacité de la bétonnière utilisée).

3.6. DOSAGES

3.6.1. Dosage du ciment:

Sauf justifications spéciales et accord du Maître de l'Oeuvre, le dosage en ciment doit être compris entre 250 kg et 450 kg par mètre cube de béton en œuvre. Pour les ouvrages courants de béton armé, le dosage de ciment est généralement de 350 kg/m³. Pour les ouvrages de

béton armé nécessitant des qualités particulières d'étanchéité et de compacité, ainsi que pour les ouvrages de béton précontraint, ce dosage doit être de 400 à 450 kg/m³.

Les dosages minimaux en ciment des ouvrages en béton sont à choisir suivant les critères de résistance donnés dans les règles de conception et de calcul de ces ouvrages et suivant les critères de durabilité donnés ci après, compte tenu des risques de détérioration des bétons et des armatures,

En fonction de ces risques, les dosages minimaux sont les suivants:

- ouvrages intérieurs des bâtiments : les dosages résultant des performances mécaniques requises sont suffisants.
- ouvrages exposés, mais sans agressivité particulière: les dosages minimaux en ciment CPA et CLK sont donnés par la formule $550/\sqrt[5]{Cg}$; où Cg* est la classe granulaire déterminée à l'aide de passoires, ce qui conduit en particulier à :

Classe granulaire tamis	Classe granulaire passoires	Dosage minimal (kg/m ³)
10	12,5	330
16	20	300
20	25	290

- ouvrages exposés à des conditions agressives sévères (eau de mer, bord de mer, eaux séléniteuses en concentration supérieure à 5g/l) : les dosages minimaux en ciment CPA et CLK sont donnés par la formule $700/\sqrt[5]{Cg}$ où Cg est la granulaire de passoires, ce qui conduit en particulier à :

Classe granulaire tamis	Classe granulaire passoires	Dosage minimal (kg/ma)
10	12,5	420
16	20	385
20	25	370

Dans les cas intermédiaires, les valeurs peuvent être déterminées par interpolation.

est rappelé qu'il y a lieu de prendre par rapport aux dosages minimaux une marge d'autant plus grande que l'on est moins assuré de l'homogénéité des bétons.

* Cg est la plus grande dimension des tamis ou passoires utilisés pour les granulats considérés.

Commentaire :

Le dosage d'un béton peut être étudié par l'une des nombreuses méthodes théoriques ou expérimentales; une telle étude aboutit à une formule qui fixe, dans chaque cas, les quantités de chacun des constituants (y compris l'eau) devant entrer dans la composition d'un mètre cube de béton en œuvre.

Le dosage est dit "volumétrique" si ces quantités sont indiquées en volume et "pondéral" si ces quantités sont indiquées en poids, ce qui est préférable.

Le dosage de ciment le plus courant pour le béton de structures en béton armé exposées aux intempéries, est de 350 kg/m³. Mais on peut faire varier ce dosage en se basant sur les principes suivants:

- a) la résistance d'un béton est d'autant plus élevée que le dosage en ciment est important;
- b) l'augmentation du dosage en ciment augmente les risques de retrait et de fissuration du béton, ainsi que le dégagement de chaleur due à la prise;
- c) à résistance équivalente, le dosage en ciment peut être diminué si la dimension C_g des granulats est plus grosse; cette diminution peut être faite proportionnellement à $\sqrt[3]{C_g}$ suivant les règles empiriques données ci-dessus.

3.6.2. Dosage des granulats :

Le dosage des granulats est défini par les proportions en volume ou, de préférence, en poids des différents granulats entrant dans la composition d'un mètre cube de béton en œuvre. La détermination de ces proportions doit faire l'objet d'une étude expérimentale particulière, à moins que le constructeur ne dispose, pour des matériaux analogues utilisés dans des conditions identiques, de règles pratiques sûres et confirmées par une longue expérience de ces matériaux.

La proportion relative de sable et de gravier doit être telle que le béton présente une homogénéité satisfaisante, sans aucun risque de ségrégation.

Commentaire :

Dans la plupart des cas, le choix et le dosage des granulats doivent être définis par une étude en laboratoire, tenant compte de la nature de l'ouvrage, de ses caractères structurels, des résistances exigées, de la nature, de la forme et de la granularité des granulats disponibles, etc. A titre indicatif, la méthode suivante, dite "méthode du coefficient G/S" peut être employée dans les cas courants:

Méthode du coefficient G/S:

Cette méthode de composition des bétons est purement expérimentale et basée sur les nombreux essais effectués sur des bétons les plus divers fabriqués dans ce laboratoire. Dans le cas le plus courant d'un béton binaire, constitué à partir de deux granulats (un poids S de sable et un poids G de gravier), le dosage se trouve défini par la connaissance du rapport G/S une fois fixé le dosage en ciment C/S d'après les indications du paragraphe précédent.

La valeur courante du rapport G/S peut, en général, être prise égale à 2,0; mais on peut la faire varier entre 1,5 et 2,4 en tenant compte des principes suivants:

- a) **Plus G/S** est élevé, plus le béton présentera des résistances mécaniques élevées; par contre, il est sensible à la ségrégation et présente des difficultés de mise en œuvre par manque d'ouvrabilité ou par effet de paroi important.
- b) "**Pour un béton très plastique**", riche en mortier, de bonne ouvrabilité, donnant des parements de bonne apparence avec mise en œuvre facile, mais ne permettant pas des résistances exceptionnelles, on peut prendre: $1,5 \leq G/S \leq 1,7$
- c) "**Pour un béton normal**" de béton armé courant, de plasticité variable selon l'ouvrage en fonction du dosage en eau, se mettant assez facilement en œuvre et donnant de bonnes résistances, on peut prendre: $1,8 \leq G/S \leq 2,0$
- d) "**Pour un béton à forte compacité**", de consistance "**ferme**" présentant des résistances élevées, mais sujet à ségrégation et nécessitant des précautions de mise en œuvre (en particulier, une vibration puissante), on peut prendre: $2 < G/S \leq 2,2$ et exceptionnellement 2,4

3.6.3. Dosage de l'eau et plasticité:

Le dosage en eau (eau totale) est fixé pour des granulats supposés secs et pour un mètre cube de béton en œuvre. Si les granulats employés contiennent une certaine quantité d'eau, cette quantité doit être évaluée et déduite de l'eau totale prévue; on obtient ainsi l'eau à ajouter lors du malaxage.

Le dosage en eau doit être suffisant pour que le béton présente la plasticité compatible avec une bonne ouvrabilité, mais il ne doit pas être excessif car les résistances du béton diminuent quand le dosage en eau augmente. On ne doit jamais, à la sortie du malaxeur, rajouter de l'eau à un béton jugé trop sec.

La plasticité désirée peut être définie par la mesure au cône d'Abrams ("Slumptest").

Commentaire :

Le dosage en eau d'un béton ne peut et ne doit être défini qu'en fonction de la plasticité désirée. Il n'est aucune théorie qui, ayant permis de calculer a priori un dosage théorique de l'eau, justifierait le maintien de ce dosage s'il aboutit en fait à un béton de plasticité non satisfaisante et qui serait, soit trop mou, soit trop sec. C'est donc toujours par un essai préalable que ce dosage peut être pratiquement et définitivement fixé. Il est toutefois nécessaire de pouvoir l'évaluer approximativement a priori. On peut, en général, se baser sur les principes suivants:

Pour les dosages en ciment $C = 300$ à 400 kg/m^3 , on peut adopter un dosage en eau totale E sur granulats secs, tels que:

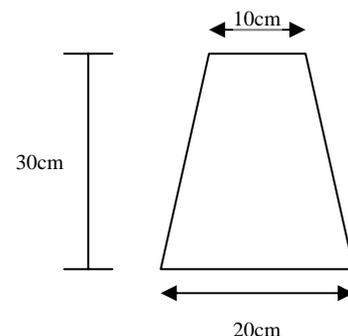
$$0,4 \leq E/C \leq 0,60 \text{ avec la valeur moyenne } E/C = 0,5$$

On prend $E/C < 0,5$ si l'on cherche à réaliser des bétons fermes ou très fermes, ou si le sable présente une granularité peu chargée en éléments fins, ou si le gravier est à majorité de gros éléments et de nature très poreuse, ou pour des valeurs de $G/S > 2$, ou encore si l'on emploie un adjuvant (plastifiant ou fluidifiant).

Dans les cas contraires, on prend $E/C > 0,5$.

Le dosage en eau étant ainsi approximativement évalué, on exécute une petite gâchée pour essai préalable et l'eau pratiquement nécessaire est ajoutée dans le mélange de façon à obtenir la plasticité souhaitée.

La plasticité peut se mesurer par différentes méthodes; la plus simple est celle du "Slumptest" ou cône d'Abrams :



Dans un moule en tôle sans fond, tronconique, on introduit du béton en 3 couches successives mises en place par piquage à raison de 25 coups par couche à l'aide d'une tige d'acier de 16 mm de diamètre, longue de 600 mm dont les extrémités sont hémisphériques.

Après avoir arasé le moule avec une truelle, on démoule immédiatement en soulevant le moule avec précaution, lentement, à la verticale et sans secousses, et l'on procède à la mesure de l'affaissement sur le point le plus haut du béton affaissé. Pour les bétons courants, on peut, en général, admettre les valeurs approximatives suivantes:

Affaissement du cône d' Abrams	Catégorie de consistance
0 à 2 cm	Béton ferme
3 à 7 cm	Béton plastique
8 à 15 cm	Béton mou

CHAPITRE IV

MISE EN ŒUVRE DU BETON

4.1. CLASSIFICATION DES CHANTIERS

Cette classification est établie de façon à pouvoir assurer des niveaux de contrôle croissant avec:

- le volume des travaux;
- l'incidence que l'exécution peut avoir sur les caractéristiques finales de l'ouvrage compte tenu de sa conception.

Commentaire:

La conception englobe en particulier les niveaux de sollicitation, les procédés d'exécution et les exigences de durabilité. Ces exigences de durabilité n'apparaissent pas dans la classification adoptée, du fait des prescriptions des règles de conception et de calcul du béton concernant d'une part, les enrobages minimaux et, d'autre part, les dosages minimaux en ciment et du fait des prescriptions relatives au choix du ciment.

Catégorie A

Chantier de très petite importance respectant les conditions suivantes:

- construction comportant au plus un étage sur rez-de-chaussée et un sous-sol;
- construction ne comportant que des éléments courants de portée limitée, sans porte-à-faux important, et sans poteau élancé.

Cette catégorie concerne en particulier les maisons individuelles isolées, jumelées, en faible nombre.

Catégorie B

Chantier de petite importance respectant les conditions suivantes:

- construction comportant au plus trois étages sur rez-de-chaussée et un sous-sol;
- construction ne comportant que des éléments courants de portée limitée sans porte-à-faux important et sans poteau élancé.

Cette catégorie concerne, par exemple, un bâtiment d'habitation d'une vingtaine de logements ou un ensemble pavillonnaire d'une vingtaine de villas, la quantité de béton mise en œuvre n'excédant pas 1.000 mètres cubes environ.

Ces limites peuvent être modulées par les documents particuliers du marché (D.P.M.) : elles peuvent être augmentées dans le cas d'ouvrages classiques de technicité simple sans excéder 50 logements et 2.000 mètres cubes; elles peuvent être diminuées dans le cas d'ouvrages complexes.

Catégorie C

Chantier de moyenne importance ne comportant que des éléments de dimension courante et normalement sollicités.

Cette catégorie comprend par exemple un ensemble de bâtiments d'habitation d'au plus dix niveaux, un ensemble pavillonnaire important, un chantier de bâtiments administratifs ou de bureaux, une construction industrielle courante, la quantité de béton mise en œuvre n'excédant pas 3.000 mètres cubes environ. Elle comprend également les bâtiments recevant du public situés en zone sismique et appartenant au groupe d'usage 2 du RPA.

Catégorie D

Chantier de grande importance ne comportant que des éléments de dimensions courantes et normalement sollicités.

Cette catégorie comprend par exemple les immeubles de grande hauteur (IGH), les entrepôts industriels à fortes charges, les complexes sportifs de grande dimension, ainsi que les ouvrages situés en zone sismique et appartenant au groupe d'usage 1 du RPA.

Catégorie E

Chantier comportant des éléments particuliers.

Chantier de très petite, moyenne ou grande importance respectant les conditions des catégories A, B, C, ou D, sauf pour certains éléments particuliers tels que porte-à-faux importants, poteaux très élancés, planchers de grande portée, techniques d'application délicate, résistance caractéristique du béton au moins égale à 30 MPA.

Remarque:

La présente classification constitue des seuils indicatifs; un maître d'ouvrage peut surclasser un chantier particulier pour son importance en fonctions des considérations qui lui sont propres.

Commentaire:

On peut donc désigner les chantiers correspondants par les lettres AE, BE, CE, DE, suivant leur importance.

La liste des éléments particuliers éventuels d'un chantier doit être portée à la connaissance des exécutants.

4.2. DOSSIER D' ETUDE DES BETONS

Les caractéristiques minimales du béton et de ses constituants sont fixées en fonction de la classification des ouvrages à réaliser. Cette classification est donnée à l'article 4.1.

L'entrepreneur doit pouvoir fournir, au début du chantier, un dossier d'étude des bétons qu'il compte utiliser. Ce dossier est défini dans le présent article en fonction de la catégorie des ouvrages.

Ce dossier d'étude comporte des résultats d'essais et d'autres éléments d'information, qui peuvent soit être établis à l'occasion du chantier concerné, soit provenir en tout ou partie de chantiers antérieurs comparables, soit provenir de l'usine de béton prêt à l'emploi retenue.

Enfin, lorsqu'on s'en tient aux vérifications minimales exigées pour les petits chantiers, il est obligatoire de respecter un dosage minimal particulier en ciment et de plafonner la résistance du béton prise en compte dans les calculs.

Le dossier d'étude des bétons que l'entrepreneur doit pouvoir fournir avant le début des travaux est le suivant, compte tenu de la classification du chantier.

La catégorie E n'y figure pas car, pour les éléments courants de cette catégorie, on se réfère aux catégories A, B, C ou D et, pour les éléments particuliers de cette catégorie, on se réfère à la catégorie D.

Le dossier d'étude peut être établi à partir des références antérieures de l'entreprise ou sur la base d'indications fournies par l'usine de béton prêt à l'emploi retenue.

Le béton utilisé pour les travaux doit rester conforme aux caractéristiques données dans le dossier d'étude.

Toute modification de l'une de ces caractéristiques conduit à considérer qu'il s'agit d'un nouveau béton pour lequel il doit être établi un nouveau dossier d'étude, à moins que les connaissances traditionnelles ou l'avis d'un spécialiste reconnu ne permettent soit d'admettre que les performances ne seront pas affectées par cette modification, soit d'apprécier l'évolution de ces performances.

Les essais d'écrasement permettent de constituer référence pour la résistance caractéristique envisagée pour le béton (voir à ce sujet l'annexe I).

Caractéristique du béton	A	B	C	D
Provenance des granulats	x	x	x	x
Courbe granulométrique des granulats			x	x
Equivalent de sable (propreté des sables)			x	x
Nature, classe et provenance du ciment	x	x	x	x
Analyse de l'eau lorsqu'elle ne provient pas d'un réseau public ou qu'elle n'est pas potable	x	x	x	x
Dosages des constituants du béton.....	x	x	x	x
Provenance, dosage et mise en œuvre des adjuvants	x	x	x	x
Essai d'affaissement (slump test).....			x	x
Essais d'écrasement sur cylindres à 28 jours.....		x	x	x
effectués conformément aux normes en vigueur (*) :				
- soit sur 2 séries de 3 cylindres chacune, les 3 cylindres d'une même série étant prélevés dans un délai d'un mois au plus, ces deux séries étant espacées d'au plus 6 mois, chaque cylindre étant prélevé dans une gâchée différente;		x	x	
- soit sur 3 séries de 3 cylindres chacune, les 3 cylindres d'une même série étant prélevés dans la même gâchée, l'ensemble des prélèvements étant effectué dans un délai d'un mois au plus.		x	x	x
Description des moyens de confection du béton	x	x	x	x
Description du mode de mise en place du béton.....	x	x	x	x
Résistance caractéristique du béton (déterminée conformément à l'annexe 1)			x	x

Commentaire:

(*) On admet donc qu'on ne peut faire état de résistance d'un béton que pour autant que l'on dispose d'un minimum d'essais effectués dans un laps de temps limité. Aucune limite n'est par contre fixée pour le délai séparant la période d'exécution des essais de la présentation du dossier d'étude.

4.3. FABRICATION DU BÉTON

Le choix du béton est fonction, d'une part, des exigences de l'ouvrage (résistance, conditions d'environnement, etc.) (voir chapitre IV) et, d'autre part, de la mise en œuvre et des conditions climatiques.

4.3.1. Confection :

Le dosage des différents constituants du béton peut être effectué en poids ou en volume avec des moyens de mesure permettant de s'assurer des quantités mises en œuvre.

Les moyens de confection du béton doivent être tels que le produit obtenu soit "homogène" et que les granulats soient bien enrobés de liant.

4.3.2. Approvisionnement du malaxeur:

Les matériaux constitutifs du béton doivent être introduits dans l'ordre suivant: gravier, ciment, sable. L'eau ne peut être ajoutée qu'après un premier malaxage à sec du mélange gravier – ciment - sable.

Commentaire:

Dans certains cas, il est recommandé d'introduire d'abord une partie des gros granulats et de l'eau et de faire quelques tours de malaxeur pour nettoyer les parois de la cuve et éviter que le mortier ne risque d'y adhérer.

4.3.3. processus de malaxage :

Le malaxage doit être assuré, de préférence, dans un appareil à axe vertical.

Pour un malaxeur de taille moyenne, tournant à raison de 15 à 20 tours par minute, la durée minimale de malaxage peut être estimée à 2 minutes.

4.4. TRANSPORT ET MISE EN OEUVRE DU BETON

4.4.1. Contrôles avant bétonnage:

Avant bétonnage, il convient de s'assurer:

- a) que les coffrages ont été convenablement disposés;
- b) que les armatures ont été mises en place conformément aux plans de ferrailage (notamment en ce qui concerne leur distance minimale au coffrage) et qu'elles ne risquent pas de se déplacer en cours de bétonnage ou de vibration.

4.4.2. Transport du béton:

Le béton doit être transporté dans des conditions ne donnant lieu, ni à ségrégation, ni à un début de prise avant mise en œuvre. Toutes précautions doivent être prises pour éviter en cours de transport, une évaporation excessive ou une intrusion de matières étrangères. Sauf justification particulière, tout ajout d'eau après transport et avant mise en œuvre est interdit.

Commentaire:

Le Chef de chantier doit être attentif aux risques de ségrégation que présentent certains modes de transport du béton, en rechercher les causes et y remédier.

Lorsque le délai de transport, excède 30minutes, il est recommandé, notamment par temps chaud, de contrôler par des essais de laboratoire que ce délai de transport reste admissible. En tout état de cause, le délai séparant la fabrication de la mise en place complète du béton transporté ne doit pas excéder le début de prise estimé suivant les cas de figure de 1 h à 1 h30mn.

4.4.3. Mise en œuvre du béton :

Sauf justification spéciale, tous les bétons doivent être mis en place par vibration. Un programme de bétonnage doit être établi préalablement à tout commencement d'exécution et indiquer les moyens de malaxage et de transport, ainsi que le processus et la cadence de mise en place du béton. Les interruptions de bétonnage doivent être aussi réduites que possible.

Commentaire :

Avant le bétonnage d'une pièce, le Chef de chantier doit vérifier le coffrage (dimensions, solidité, étanchéité, propreté, humidification, huilage) et s'assurer que la distance des armatures aux parois est partout respectée. Il établit préalablement un plan de bétonnage en fonction des dimensions et des formes de la pièce, du débit du malaxeur, des joints de reprise à respecter, des dispositions du ferrailage, etc...

Si le ferrailage est dense sur une hauteur importante, il faut prévoir des goulottes pour conduire le béton jusqu'en fond de moule et éviter ainsi qu'il "cascade" à travers les armatures (risque grave de ségrégation). Dans ce cas, il est souhaitable que la possibilité de passage des goulottes ait été prévue par le projeteur lors du dessin du ferrailage.

Si la plasticité du béton n'est pas constante, en raison de difficultés de dosage de l'eau, un coup d'œil sur le béton dans sa benne peut permettre au chef de chantier d'apprécier sa plasticité et lui éviter de déverser une gâchée accidentellement trop sèche, dans une zone fortement armée où l'effet de paroi serait particulièrement important, ce qui risquerait de provoquer un engorgement du béton.

Dans certains cas (par exemple, fonds de poutres très ferrillées), il est préférable de demander au bétonnier quelques gâchées plus molles. Les gâchées trop sèches (sous réserve qu'elles soient acceptables) peuvent être réservées aux tables de compression et zones moins ferrillées.

4.5. VIBRATION DU BETON

4.5.1. Vibration interne (pervibration) :

Les pervibrateurs employés doivent pouvoir pénétrer dans toutes les parties des moules, de telle manière que, compte tenu de leur rayon d'action, ils puissent agir sur la totalité du béton. Les pervibrateurs doivent être tenus verticalement, déplacés suivant leur axe et retirés très lentement, de telle manière que leur empreinte puisse se remplir convenablement de béton. Il y a lieu d'éviter tout contact prolongé du pervibrateur avec les armatures.

4.5.2. Vibration superficielle:

L'épaisseur des couches serrées par vibration superficielle à l'aide de règles ou taloches vibrantes doit être limitée à 20 cm.

Commentaire :

La vibration donne au béton sa compacité maximale par élimination des vides d'air et remplissage parfait des moules. Elle diminue considérablement les frottements internes des grains constitutifs du béton et tend à lui donner les qualités d'un liquide.

On distingue:

a) la vibration de coffrage qui exige des coffrages solides où puissent être fixés les vibreurs et qui est rarement utilisée;

b) la vibration Interne (pervibration), réalisée au moyen d'aiguilles vibrantes, plus ou moins grosses, que l'on introduit dans la masse du béton frais. Ces aiguilles sont généralement constituées par un tube, à l'intérieur duquel tourne à grande vitesse une turbine à air comprimé, légèrement excentrée;

c) la vibration superficielle, réalisée au moyen de taloches, de règles vibrantes et de surfaceuses, généralement employées sur de grandes surfaces: panneaux préfabriqués, dalles, chaussées, etc.

Il ne faut pas abuser de la vibration, particulièrement dans le cas de bétons mous, car la liquéfaction du béton provoque la descente des plus gros granulats et, en surface, un excès de mortier et d'eau. Il est préférable d'opérer par courtes périodes de vibration, mais en de nombreux points, suffisamment rapprochés. Les pervibrateurs doivent être retirés lentement du béton, avant arrêt de la vibration, afin d'éviter de laisser subsister des trous qui se rempliraient ultérieurement de mortier, de laitance ou d'eau.

4.6. MISE EN PLACE DU BETON - INTERRUPTION ET REPRISE DE BETONNAGE

4.6.1. Mise en place du béton

Le béton ne doit être mis en place qu'au contact de surfaces et dans des volumes débarrassés de tous corps étrangers.

Lorsque les coffrages sont susceptibles d'absorber l'eau ou d'activer son évaporation, ils doivent être convenablement humidifiés.

Le béton doit être mis en place avant tout commencement de prise par des procédés lui conservant son homogénéité.

Le serrage du béton peut être obtenu par damage, vibration ou pervibration par couches d'épaisseur appropriée. L'emploi d'adjuvants adaptés peut dispenser des opérations précédentes.

En dehors des cas courants, les reprises de bétonnage doivent être soit précisées sur les plans d'exécution, soit soumises à l'avis de l'ingénieur d'études.

La surface de reprise doit être propre, rugueuse et convenablement humidifiée ou traitée de façon à obtenir une bonne adhérence à l'interface.

4.6.2. Interruption et reprise de bétonnage :

Les interruptions de bétonnage d'un élément de structure doivent être évitées, autant que possible. S'il ne peut en être ainsi, des précautions doivent être prises pour assurer une bonne adhérence du béton nouveau sur le béton ancien: il faut notamment repiquer et nettoyer à vif

la surface de reprise pour y faire saillir les graviers, mouiller longuement et abondamment cette surface afin de saturer d'eau le béton ancien et, enfin éliminer l'eau en excès à l'air comprimé avant de reprendre le bétonnage.

L'emplacement et la configuration des surfaces de reprise, qui ne peuvent être réalisées que dans des zones comprimées doivent être explicitement prévues dans le plan initial de bétonnage.

Commentaire :

Lorsqu'une pièce ne peut, en raison de ses dimensions, être coulée en une seule opération, il convient de prévoir des joints de reprise, sans les laisser au hasard de l'avancement du bétonnage ou d'une fin de journée. Les joints de reprise ne doivent pas se présenter suivant des surfaces plus ou moins informes, mais suivant des plans disposés normalement à la direction des contraintes. Dans les volumes importants on doit éviter les trop grands plans de reprise, dits « coup de sabre », et les répartir en plusieurs plans (en escaliers ou en chicanes).

Les plans verticaux de reprise doivent être réalisés au moyen de coffrages provisoires. On peut également employer un grillage à mailles fines, soutenu par un treillis rigide. Le grillage reste noyé dans la masse et on obtient ainsi une surface rugueuse présentant un bon accrochage. Mais, dans ce cas, il faut éviter de couler contre un grillage un béton trop mou (ou pauvre en gros granulats) et de vibrer trop près et trop longtemps. Il faut ensuite, immédiatement après sa prise, éliminer la laitance qui se sera accumulée au pied du grillage, à travers lequel elle se sera écoulée.

Les plans horizontaux (ou dont l'inclinaison permet de bétonner en "talus" ne doivent pas présenter des surfaces trop lisses, comme c'est souvent le cas par suite du ressuage du mortier à la vibration. On peut, au début de la prise, piquer la surface et créer ainsi de petites alvéoles. A défaut, il convient, avant d'exécuter la reprise, de repiquer et nettoyer à vif la surface plus ou moins durcie.

En parement, le joint de reprise (qu'il soit vertical, horizontal ou incliné) ne doit pas se présenter suivant une ligne plus ou moins sinueuse, mais suivant des tracés bien rectilignes. A cet effet, on peut placer contre le coffrage, en fin de bétonnage, une petite baguette arrêtant nettement) le béton sur quelques centimètres d'épaisseur.

Les premières gâchées de reprise peuvent être enrichies en mortier (moins de gros granulats dans le malaxeur), notamment, lorsque le béton prévu présente un coefficient gravier/sable supérieur à 2, ou lorsque l'effet de paroi est important. Il est contre indiqué de couler préalablement, sur la surface de reprise, une « barbotine » de ciment.

4.6.3. Etuvage du béton:

Lorsqu'il est nécessaire d'accélérer la prise et le durcissement du béton, on peut procéder à son étuvage. Le dispositif prévu doit permettre de chauffer le béton jusqu'à une température de l'ordre de 80°C, mais la vitesse de mise en température ne doit pas dépasser 20°C par heure. Toutes précautions doivent être prises pour éviter la dessiccation du béton; par ailleurs, les surfaces libres doivent être maintenues sous vapeur d'eau.

Commentaire:

Les procédés d'étuvage doivent donner lieu à une étude particulière tant pour la composition et le dosage du béton que pour les dispositifs matériels utilisés. L'étuvage permet d'accélérer la prise et le durcissement dans des proportions très importantes et de procéder à certains décoffrages quelques heures après bétonnage.

4.6.4. Cure de béton:

La cure a pour objet de maintenir le béton dans l'état d'humidification nécessaire à un durcissement satisfaisant; elle est indispensable par temps sec et chaud.

La cure doit être commencée dès le début de la prise du béton car un retard, de quelques heures peut diminuer sensiblement son efficacité:

elle doit être poursuivie pendant une semaine dans les cas normaux et pendant deux semaines en cas de temps très sec et chaud. La cure peut être effectuée, soit par humidification, soit par enduit temporaire imperméable.

Commentaire:

La cure par **humidification** consiste à arroser les surfaces libres du béton et les coffrages en bois, deux ou trois fois par jour selon la température et l'état hygrométrique de l'air. Les surfaces libres sont les plus vulnérables et il est conseillé d'y déployer des paillasons, nattes ou toiles que les arrosages intermittents doivent maintenir humides en permanence; on peut également étendre une couche de sable sur les surfaces horizontales.

L'emploi de coffrages imperméables à l'eau, tels que coffrages métalliques ou tôles, dispense d'assurer l'humidification sur les surfaces correspondantes, tant que le béton n'a pas été décoffré.

La cure par **enduit temporaire imperméable** consiste à pulvériser sur les surfaces de béton à protéger un produit qui constitue un enduit superficiel et empêche par son imperméabilité l'évaporation de l'eau du béton. Ces produits sont généralement des émulsions de résine qui se rompent instantanément au contact du béton frais. La mince pellicule de résine, qui se forme ainsi, constitue l'enduit protecteur. Le produit doit être légèrement coloré, de façon à pouvoir juger de la continuité et de la régularité de l'enduit.

4.6.5. Bétonnage par temps froid:

De manière générale, dans le cas courant d'emploi de ciment Portland sans adjuvant, le bétonnage doit être arrêté lorsque dans les 48 heures suivantes, la température ambiante risque de descendre au dessous de 0° Centigrade, c'est à dire, pratiquement, lorsque la température enregistrée à 9 heures du matin (heure solaire) est inférieure à 5° Centigrades.

Dans le cas d'emploi de ciments pouzzolaniques ou métallurgiques, ces valeurs minimales doivent être augmentées de 5° Centigrades. Par contre, dans le cas de bétonnage en grande masse ou dans le cas d'adjonction de chlorure de calcium (en proportion maximale de 2% ou 1 % suivant les cas, conformément à l'article 3.5.1.), ces valeurs minimales peuvent être diminuées de 3° Centigrades.

S'il est absolument nécessaire de continuer le bétonnage à des températures inférieures aux températures limites prescrites ci-dessus, des précautions spéciales, faisant l'objet de justifications particulières du constructeur doivent être prises pour maintenir toute la masse du béton à une température supérieure à 0° Centigrade pendant toute la durée de bétonnage, de la prise et du durcissement.

Commentaire :

Les précautions spéciales, pouvant permettre, à titre exceptionnel, d'effectuer le bétonnage à des températures inférieures à 0° Centigrade peuvent être les suivantes:

- stocker les granulats sous abri légèrement chauffé ou réchauffer les tas par injection de vapeur à la lance;
- employer un ciment de haute résistance, exothermique et à durcissement rapide;
- prévoir un dosage suffisant: 350 à 400 kg de ciment au mètre cube ;
- employer un accélérateur de prise, tel que le chlorure de calcium (dans la proportion maximale autorisée à l'article 3.5.1.);
- doser l'eau au minimum compatible avec la plasticité désirée;
- employer un fluidifiant, un plastifiant ou un entraîneur d'air;
- réchauffer l'eau de gâchage Jusqu'à une température ne dépassant pas 70° Centigrades à son arrivée au malaxeur ;
- éviter les longs transports, les attentes avant mise en œuvre, les longues goulottes;
- abriter le malaxeur du froid;
- employer des coffrages en bois assez épais, les coffrages métalliques minces doivent être obligatoirement calorifugés, d'autant plus soigneusement que les pièces seront moins épaisses;
- protéger efficacement les surfaces nues du béton, aussitôt après la fin du bétonnage.

Si l'on applique rigoureusement ces diverses recommandations, on peut généralement continuer à bétonner par des températures comprises entre 0° et -5° centigrades. Pour des températures atteignant -10° centigrades, il est prudent d'arrêter tout bétonnage.

En période de gel, il convient plus que jamais, d'exécuter des prélèvements de contrôle et de les conserver dans les mêmes conditions que le béton de l'ouvrage (calorifugeage des moules, protection des éprouvettes décoffrées, etc.). Ces éprouvettes sont très utiles, en cas de doute sur le gel du béton, pour déterminer dans quelle mesure le durcissement a pu être retardé par le froid et décider si certaines opérations (décoffrages, mise en précontrainte, manutention, etc.) peuvent être entreprises comme prévu ou doivent être éventuellement retardées.

4.6.6. Bétonnage par temps chaud:

La méconnaissance des effets d'un temps chaud et sec peut entraîner de graves conséquences quant aux propriétés du béton frais (prise plus rapide, ouvrabilité diminuée, fissuration avant prise) et du béton durci (perte de résistance mécanique, hétérogénéité, augmentation de la porosité...).

Il est possible de bétonner par temps chaud à condition de prendre un certain nombre de précautions qui sont rappelées dans cet article.

Certains ouvrages sont plus exposés que d'autres. C'est le cas de ceux qui présentent une grande surface d'évaporation par rapport au volume: Planchers, dalles, routes, enduits...ils doivent donc être protégés plus particulièrement.

Il faut éviter, par temps chaud, que le béton ne perde, du fait de l'évaporation, une proportion trop importante de son eau. Des précautions spéciales doivent être prises au cours du transport, de la mise en œuvre, de la prise et du durcissement; en particulier, la cure peut être considérée comme indispensable.

Les précautions spéciales à prendre selon la température et l'état hygrométrique de l'air ambiant, sont les suivantes:

4.6.6.1. Choix des matériaux:

a) Ciment:

Le dosage en ciment devra correspondre à celui donnant des performances désirées mais sans excès pour limiter les chaleurs dégagées. Il serait souhaitable d'utiliser un ciment à une température inférieure à 60° C.

b) Granulats :

La température des granulats exerce une grande influence sur la température finale du béton étant donné leur dosage. On a donc intérêt à les maintenir à une basse température ou à les refroidir. Les tas devront être protégés du soleil et si possible mis à l'ombre. On peut arroser les couches successives lors de la formation des tas. L'arrosage à l'eau froide est efficace (surtout si l'humidité relative de l'atmosphère est assez sèche) et l'évaporation rapide qui résulte refroidit en surface les granulats.

c) L'eau:

Il est recommandé d'utiliser de l'eau froide ou éventuellement refroidie par addition préalable de glace (ne jamais mettre la glace directement dans le malaxeur).

d) Adjuvants:

On peut employer (à titre exceptionnel) un retardateur de prise voire un plastifiant réducteur d'eau ou un adjuvant entraîneur d'air.

4.6.6.2. Confection des bétons et mise en œuvre :

La composition du béton est à soigner particulièrement afin de confectionner des bétons compacts et non poreux. On s'efforcera par tous les moyens d'obtenir un béton dont la température soit uniforme et ne dépasse pas 30°C. La bétonnière sera protégée des rayons du soleil et éventuellement peinte en blanc. On pourra arroser d'eau fraîche les tôles extérieures. Le transport devra durer un temps minimal. Les goulottes, les canalisations (cas de béton pompé), les coffrages devront être protégés des rayons du soleil (humidifier les coffrages en bois). La mise en place devra s'effectuer rapidement et l'on prendra un soin particulier pour obtenir un très bon compactage du béton. Tout cela nécessite parfois une main-d'œuvre supplémentaire. Il est préférable par temps très chaud de bétonner l'après-midi ou en fin de journée. En effet, dans le cas d'un bétonnage effectué le matin, la chaleur d'hydratation se dégagera au moment le plus défavorable c'est-à-dire celui où la température extérieure sera la plus élevée.

4.6.6.3. protection et cure:

Les précautions à prendre afin de protéger le béton et assurer son durcissement normal sans départ d'eau dépendent de la chaleur et de la durée du temps chaud, de l'humidité de l'atmosphère, de la vitesse du vent, de l'ouvrage (forme, rapport surface - volume) et de son environnement.

La surface du mortier ou du béton sera protégée afin d'éviter le départ prématuré de l'eau de gâchage. Conformément ou additionnellement aux prescriptions de l'article 4.6.4., les moyens classiques de protection sont les suivants:

- Pulvérisation d'eau à la surface, mais il faut éviter de "marquer" le béton et utiliser de l'eau qui ne soit pas trop froide par rapport à la température du béton (sinon il produirait un choc thermique);
- Couche de sable humidifiée;
- Paillasons humides, sacs mouillés;
- Feuilles ou films en plastique.

La cure peut durer de sept à dix jours.

4.6.6.4. Contrôle:

Il est parfois indispensable de connaître et de suivre la température du béton au moment de sa mise en place, l'hygrométrie, la température de l'air et éventuellement la vitesse du vent.

On peut utilement se renseigner auprès des services météorologiques.

Les contrôles seront plus fréquents par temps chaud qu'à 20°C, surtout en ce qui concerne les temps de prise, l'ouvrabilité (slump), la teneur en eau et les résistances mécaniques. Des précautions particulières seront prises afin de protéger les échantillons de béton prélevés destinés aux essais ainsi que lors de leur transport éventuel dans un laboratoire extérieur (les essais normalisés étant effectués à 20°C). Il est assez difficile de conserver des échantillons de béton soumis aux mêmes températures que le béton de l'ouvrage. Afin d'évaluer la résistance du béton en place on peut utiliser une méthode non destructive (vitesse du son, indice sclérométrique).

4.7. REBOUCHAGE, RAGREAGE, PERCEMENTS ET SCELLEMENTS

4.7.1. Rebouchage, ragréage et finitions:

Les réservations nécessaires à l'exécution des ouvrages et qui ne peuvent subsister à l'état définitif doivent être traitées de façon qu'elles assurent les qualités requises pour l'ouvrage fini.

Si les ouvrages présentent certains défauts localisés (armatures accidentellement mal enrobées, épaufrures, nids de cailloux, etc.), il convient, avant d'exécuter le ragréage qui s'impose, de s'assurer que ce défaut n'est pas de nature à mettre en cause la conservation des qualités de ces ouvrages, auquel cas tous travaux de réfection nécessaires devraient être entrepris avant ceux de ragréage.

Des opérations de ragréage (dressage des surfaces et des feuillures, enlèvement des balèbres, traitement des nids de cailloux, etc.) peuvent être nécessaires pour respecter les tolérances dimensionnelles de l'ouvrage fini. Il y a lieu d'attacher une attention particulière à ces travaux de ragréage par des périodes d'intervention et le choix des produits adaptés.

4.7.2. Percements et scellements:

Les percements et scellements effectués à posteriori dans le béton durci doivent être exécutés de façon qu'ils ne compromettent pas les qualités requises de l'ouvrage fini. A cet égard, une attention particulière doit être accordée au choix des moyens à utiliser.

4.8. PIÈCES PREFABRIQUÉES EN BETON

Les phases de stockage, manutention, mise en place et étaielement des pièces préfabriquées doivent être exécutées de telle sorte que les qualités requises pour ces pièces et l'ouvrage fini soient obtenues, après traitement des détériorations mineures qui pourraient survenir au cours de ces opérations.

La stabilité de ces pièces préfabriquées doit, en outre, être assurée durant toutes ces phases.

4.9. RESISTANCE CARACTERISTIQUE MAXIMALE DU BETON

Pour les ouvrages de catégorie A ou B dont les conditions de vérification sont limitées à celles définies à l'article 5.232 pour ces catégories, il est imposé, à défaut de justification spéciale, de supposer à priori que la résistance caractéristique du béton pris en compte au niveau de la conception est au plus:

f_{c28} = 16 MPa pour un dosage de 350 kg/m³, en catégorie A
 18 MPa pour un dosage de 350 kg/m³, en catégorie B.

f_{c28} = 20 MPa pour un dosage de 400 kg/m³, en catégorie A.
 22,5 MPa pour un dosage de 400 kg/m³, en catégorie B.

En cas de justification spéciale, la résistance caractéristique du béton est au plus de :

$f_{c 28} = 20$ MPa pour un dosage de 350 kg/m³,
 $f_{c 28} = 25$ MPa pour un dosage de 400 kg/m³,

Lorsque l'entrepreneur qui exécute un chantier de catégorie A ou B se conforme aux conditions de vérification de la catégorie C, la limitation de résistance caractéristique maximale n'est plus applicable. Il est de même lorsque le béton mis en œuvre est du béton prêt à l'emploi à caractères normalisés adapté à la résistance caractéristique de l'ouvrage.

Commentaire :

Peut être considérée comme justification spéciale la référence à des résultats récents de vérification d'un chantier de catégorie C ou D ou la référence à un dossier d'étude récent comportant les justifications demandées pour les catégories C ou D. On peut considérer comme récent tout résultat d'essai datant d'au plus d'un an.

CHAPITRE V

VERIFICATIONS

Les vérifications techniques minimales qui incombent à l'entrepreneur sont les suivantes, les diverses commandes des matériaux étant elles-mêmes conformes aux prescriptions du chapitre III.

5.1. VERIFICATIONS CONCERNANT LES ARMATURES:

	réception des aciers soit à façonner soit déjà façonnés	Aciers mis en place avant fermeture du coffrage ou avant bétonnage
Inspection essais	Examen du bon de livraison Examen visuel de la livraison	Cas général: Inspection visuelle Cas particulier (*) : Inspection visuelle confirmée par quelques mesures de contrôle(**)
Objectif	S'assurer que la livraison est conforme à la commande	Conformité au plan Bon arrimage et tolérances
Fréquence	A chaque livraison	A chaque coulage mais par sondage

* Il s'agit par exemple de zones de ferrailage complexes où la position et la forme des aciers jouent un rôle déterminant ou d'aciers de porte-à-faux de dalle.
** Dans certains cas tels que ceux des aciers de porte-à-faux de dalle, le résultat des vérifications doit faire l'objet d'un document écrit.

5.2 VERIFICATIONS CONCERNANT LE BETON:

Les vérifications concernant le béton sont fonction de la classification des ouvrages donnée en 4.1.

La catégorie E n'y figure pas car, pour les éléments courants de cette catégorie, on se réfère aux catégories A,B, C ou D, et, pour les éléments particuliers de cette catégorie, on se réfère à la catégorie D, .sauf en ce qui concerne le contrôle du béton (article 5.23).

5.2.1. Vérification des matériaux:

	Matériaux	Inspection/essai ©	Objectif	Fréquence
1	Ciment	Examen du bon de livraison	S'assurer que la livraison est conforme à la commande	A chaque livraison (a) (b)
2	Granulats	Examen du bon de livraison	S'assurer que la livraison est conforme à la commande	A chaque livraison
3		Inspection visuelle des matériaux	Comparer avec l'aspect normal, du point de vue de la granulométrie, de la forme et de la teneur en impuretés	A chaque livraison
4		Analyse granulométrique par tamisage	Juger de la conformité avec la granulométrie escomptée	(i) à la 1 ^{ère} livraison d'une nouvelle provenance pour les catégories C et D (ii) en cas de doute à la suite de l'inspection visuelle
5		Propreté des granulats Equivalent de sable	Evaluer la présence et la quantité d'impuretés	(i) à la 1 ^{ère} livraison d'une nouvelle provenance pour les catégories C et D (ii) en cas de doute à la suite de l'inspection visuelle (iii) périodiquement : Cat. C tous les 300m ³ Cat. D tous les 150m ³ de béton correspondant
6		Adjuvants	Examen du bon de livraison et de l'étiquette de l'emballage	S'assurer que la livraison est conforme à la commande
7	Inspection visuelle de l'adjuvant		Comparer avec l'aspect habituel	(i) A chaque livraison (ii) pendant l'usage (e)
8	Eau	Analyse chimique	S'assurer que l'eau ne contient pas de matières nocives	(i) au début du chantier si l'eau ne provient pas d'un réseau public ou n'est pas potable (ii) en cas de doute
9	Béton prêt à l'emploi	Examen du bon de livraison	S'assurer que d'après le bon de livraison, celle-ci est bien conforme à la commande	A chaque livraison (a)
		Inspection visuelle du béton	Comparer avec l'aspect normal	A chaque livraison (f)

Commentaires:

- a) Il peut être utile dans certains cas d'effectuer périodiquement des prélèvements conservatoires pour des contrôles ultérieurs éventuels dans les conditions prévues par la norme.
- b) Il peut être demandé aux fournisseurs de ciment de communiquer toutes informations techniques utiles sur les caractéristiques des ciments livrés, notamment à court terme.
- c) Les résultats des contrôles par analyse ou essai peuvent être demandés aux fournisseurs.
- d) Il peut être utile dans certains cas d'effectuer périodiquement des prélèvements conservatoires pour des contrôles ultérieurs éventuels.
- e) Il peut être demandé aux fournisseurs d'adjuvants de communiquer toutes informations techniques utiles sur les caractéristiques des adjuvants livrés.
- f) Il peut être demandé aux fournisseurs de béton prêt à l'emploi de communiquer toutes informations techniques utiles sur les caractéristiques du béton livré, notamment à court terme.

5.2.2. Vérification des équipements:

L'entreprise doit s'assurer périodiquement du bon fonctionnement des équipements et de la précision des appareils de mesure qu'elle utilise.

5.2.3. Vérifications du béton:

5.2.3.1. Béton frais:

5.2.3.1.1. Béton confectionné sur le chantier:

les vérifications du béton sont les suivantes (voir tableau 1) :

Pour les ouvrages particuliers de la catégorie E on se réfère au minimum à la catégorie D.

Commentaire:

Dans le cas de coffrage glissant et/ou dans le cas de résistance caractéristique du béton au moins égale à 30 MPa, des vérifications complémentaires peuvent être utiles pour s'assurer, avant coulage du béton, que celui-ci offre les meilleures garanties d'obtenir les caractéristiques escomptées. Il s'agit par exemple de l'augmentation de la fréquence des vérifications précisées dans le tableau, de l'analyse de composition sur béton frais etc.

	Béton	Inspection/Essai	Objectif	Fréquence
1	Ouvrabilité	Inspection visuelle	Comparer avec l'aspect normal	A chaque chargement
2		Mesure d'ouvrabilité pour les catégories C et D	Evaluer la conformité avec l'ouvrabilité requise	(i) Au moment d'un prélèvement pour essais sur béton durci (ii) En cas de doute à la suite de l'inspection visuelle (iii) Périodiquement : Catég. C : tous les 300m ³ Catég. D : tous les 150m ³
3	Teneur en air	Essai normalisé	Vérifier que la teneur en air entraîné est correcte	La vérification est faite dans le cas d'utilisation d'un entraîneur d'air avec la même fréquence que celle donnée en 2 ci-dessus.

Tab. 1

5.2.3.1.2. Béton prêt à l'emploi : Les vérifications du béton frais sont:

	Béton	Inspection/Essai	Objectif	Fréquence
1	Ouvrabilité	Inspection visuelle	Comparer avec l'aspect normal	A chaque chargement avec l'aspect
2		Mesure d'ouvrabilité pour les catégories C et D	Evaluer la conformité avec l'ouvrabilité requise	En cas de doute à la suite de l'inspection visuelle

5.2.3.2. Béton durci:

Les vérifications du béton durci comportent:

- d'une part, un examen visuel complété au besoin par des auscultations élémentaires qui permettent de s'assurer que le béton durci présente l'aspect et le comportement d'un béton normal,
- d'autre part, des mesures de résistance dont la nature et la fréquence sont définies ci-après en fonction de la catégorie du chantier. Les résultats de ces mesures sont à comparer à la résistance caractéristique f_{c28} ,

Les résultats de ces mesures sont consignés.

Un doute à la suite de l'inspection visuelle et/ou des résultats de mesure de résistance défavorables peuvent amener à reconsidérer, pour l'ouvrage concerné, la nature et la fréquence des vérifications du bétons durci.

5.2.3.2.1. Béton confectionné sur le chantier:

Catégorie A

Aucune mesure de résistance n'est requise.

Commentaire :

La faible Importance du chantier, le niveau assez bas des sollicitations ainsi que les exigences de dosage minimal (3.61) et de résistance caractéristique maximale (article 4.9) autorisent cette absence de spécification particulière. .

Catégorie B

Les mesures de résistance sont limitées à celles obtenues à partir d'essais d'information réalisés sur les ouvrages à l'aide d'un scléromètre réétalonné chaque année au moins, conformément aux prescriptions de l'annexe II. La moyenne des mesures de résistance obtenues à l'occasion d'une série de relevés d'indices sclérométriques effectués sur un même ouvrage élémentaire (poteau, poutre...) permet d'apprécier l'ordre de grandeur de la résistance caractéristique du béton de cet ouvrage.

Commentaire :

La résistance caractéristique d'un béton se déduit de la moyenne des mesures des résistances mentionnées ci-dessus compte tenu de la dispersion de ces mesures. En l'absence d'une évaluation de cette dispersion, l'ordre de grandeur de la résistance caractéristique peut être obtenu en retirant 8 MPa à la moyenne des mesures de résistance.

L'importance modérée du chantier ainsi que les exigences de dosage minimal (3.61) et de résistance caractéristique maximale (article 4.9) autorisent la seule utilisation d'essais d'information.

Catégorie C :

les mesures de résistance sont obtenues à partir:

- d'une part, d'essais de compression effectués sur cylindre conformément aux normes en vigueur, ces essais étant complétés par la détermination de la masse volumique du béton;
- d'autre part d'essais d'information complémentaire; on peut déterminer soit la résistance à la compression du béton à l'aide d'un scléromètre, soit sa résistance à la traction par flexion d'éprouvettes prismatiques.

Les essais de compression sont effectués sur une série de trois cylindres, chaque cylindre étant prélevé sur une gâchée différente. Ces essais ont lieu avant le début des opérations de bétonnage, puis après les 300 premiers m³ puis régulièrement tous les 500 m³ ou plus fréquemment si les essais complémentaires révèlent une dérive des résistances. La limite de 500 m³ correspond à des ouvrages de technicité moyenne, elle peut être modulée entre 300 et 1000 m³ suivant la technicité de l'ouvrage et la connaissance du béton acquise au cours du chantier. Il est néanmoins entendu que ces fréquences de prélèvements d'essais peuvent être modulées à la demande du maître d'ouvrage, maître d'œuvre ou du bureau de contrôle.

L'interprétation de ces essais est faite conformément à l'annexe I.

Lorsque les essais complémentaires sont effectués à l'aide d'un scléromètre qui doit être réétalonné chaque année au moins, conformément aux modalités de l'annexe II, ils

comprennent six points de mesure par niveau et/ou par 200m³. La moyenne des résistances obtenues à l'occasion d'un de ces essais complémentaires est à comparer à la moyenne des résistances mesurées à l'occasion de la dernière série d'essais de compression.

Lorsque les essais complémentaires sont des essais de traction par flexion, on définit la résistance moyenne à la traction du béton à l'aide de trois prismes 7 x 7 x 28 avec le même béton que celui ayant servi à confectionner les cylindres pour les essais de compression. Ces éprouvettes sont conservées dans les conditions requises pour la conservation des cylindres. Cette résistance moyenne sert de référence pour les essais complémentaires ultérieurs.

Les essais complémentaires comprennent 3 prismes par niveau et/ou par 200 m³. Ces prismes sont conservés dans les mêmes conditions que précédemment. La résistance moyenne à la traction du béton déterminée à l'aide de ces 3 prismes est à comparer à la résistance moyenne de référence définie ci-dessus.

Tous les essais sur prismes sont effectués à 28 jours.

Catégorie D :

Les mesures de résistance sont obtenues à partir d'essais de compression effectués sur cylindres conformément aux normes en vigueur.
Ces essais sont complétés par la détermination de la masse volumique du béton.

Les essais de compression sont effectués sur trois séries de trois cylindres chacune, chaque série étant prélevée dans une même gâchée. Ces essais ont lieu avant le début des opérations de bétonnage puis régulièrement tous les 300 m³ et/ou tous les 1000 m² de plancher hors œuvre et/ou une fois par mois de travail continu.

Il est également entendu que ces fréquences de prélèvements et d'essais peuvent être modulées à la demande du maître de l'ouvrage, maître d'œuvre ou du bureau de contrôle.

L'interprétation de ces essais est faite conformément à l'annexe I.

Catégorie E :

En dehors des éléments particuliers, les vérifications du béton durci sont celles données pour la catégorie A, B, C ou D, correspondant à l'importance du chantier.

Les vérifications du béton durci des éléments particuliers sont définies soit par avance dans les documents particuliers du marché ou sur proposition de l'entrepreneur; soit avant tout début de réalisation par accord entre les parties.

Commentaire :

Les parties peuvent éventuellement se mettre d'accord pour se référer à des prescriptions techniques spécifiques.

Remarque:

Lorsque l'entrepreneur qui exécute un chantier de catégorie A ou B se conforme aux conditions de vérification de la catégorie C, les limitations de dosage minimal (article 3.61) et de résistance caractéristique maximale (article 4.9) ne sont plus applicables.

Pour tout chantier, les parties peuvent se mettre d'accord pour renforcer les moyens de vérification du béton durci.

5.2.3.2.2. Béton prêt à emploi :

Dès qu'une véritable industrie de "béton prêt à l'emploi" avec toutes les garanties de contrôle de qualité requises sera mise en place dans le pays, des prescriptions complémentaires adéquates seront promulguées sous forme de circulaire.

5.2.4. VERIFICATION EN FONCTION DES PHASES DE CONSTRUCTION:

Les opérations de décoffrage sont à effectuer lorsque le béton a acquis un durcissement suffisant, compte tenu des conditions climatiques, pour pouvoir supporter sans déformation excessive ni désordre les sollicitations qui en résultent. Pour des ouvrages de mise en œuvre non habituelle et/ou fortement sollicités, l'accord de l'ingénieur d'études doit être demandé. Les charges appliquées en cours de travaux doivent être compatibles avec le bon comportement de l'ouvrage en phase de travaux et en phase définitive, compte tenu de sa conception et de son calcul.

CHAPITRE VI

CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DES OUVRAGES

6.1. TOLERANCES DIMENSIONNELLES DE CONSTRUCTION.

6.1.1 Ouvrage fini:

Les prescriptions du présent article sont provisoires dans l'attente de prescriptions générales relatives aux tolérances dimensionnelles des constructions et de leurs éléments constitutifs.

En particulier, les tolérances d'implantation qui concernent les écarts de construction par rapport à un repère général ne sont pas traitées.

les chiffres donnés ci-après concernent les ouvrages à parements soignés. Les DPM doivent, si besoin est, fixer les tolérances pour les ouvrages à parements courants et ordinaires envisagés plus loin..

Les tolérances concernant les distances entre une partie d'ouvrage et une autre partie voisine, telles que la distance entre deux murs, la hauteur libre d'un étage, ne doivent pas présenter des écarts supérieurs à 2 cm en plus ou en moins.

Les écarts sur les cotes de dimensionnement d'un ouvrage, telles que l'épaisseur d'un mur, la largeur d'une poutre, l'épaisseur d'un plancher, doivent être inférieurs à 1 cm en plus ou en moins.

Les écarts sur la verticalité ou l'horizontalité d'un parement (verticalité d'une face de poteau sur une hauteur d'étage, horizontalité de la sous face d'une dalle sur une trame...) doivent être au plus égaux à 2 cm.

Commentaire :

.Les écarts relatifs à la distance entre deux parties d'ouvrages sont estimés habituellement par cumul d'un écart sur les distances entre plans moyens (ou axes) d'ouvrages et d'un écart sur les cotes de dimensionnement de ces ouvrages par rapport à leurs plans moyens (ou axes).

Les prescriptions résultent donc, d'une part, des tolérances données pour les cotes de dimensionnement et, d'autre part, des tolérances sur les distances entre plans moyens (ou axes) qui sont habituellement de 1 cm en plus ou en moins lorsque ces distances sont inférieures à 7,5 m.

Les tolérances ci-dessus ne comprennent pas les déformations (sous les sollicitations agissantes) qui se produisent après la remise de l'ouvrage.

Le respect des valeurs mentionnées ci-dessus dispense des justifications de résistance et de stabilité des ouvrages tels que construits, sauf cas particuliers (voiles minces, voûtes minces...) ! En cas de dépassement, on examine, en vue de déterminer les moyens appropriés pour y remédier le cas échéant, les conséquences des écarts sur la stabilité de l'ouvrage et sur la possibilité de réaliser les autres ouvrages.

Sauf disposition contraire des DPM, des hors profils plus importants que ceux résultant des chiffres précédents peuvent être admis, soit qu'il s'agisse d'ouvrages ne nécessitant pas un parement soigné, soit qu'il s'agisse de la conséquence d'un processus constructif spécifique (coulage à pleine fouille, coulage contre terre, etc.) pour autant que ces hors profils ne compromettent pas la stabilité de l'ouvrage.

Les petits ouvrages (trémies, réservations...) sont repérés dans leur ouvrage support (dalle, poutre...) par des cotes de positionnement et des cotes de dimension. Les écarts admissibles par rapport à ces diverses cotes sont de ± 2 cm.

8.1.2. Position des armatures

La position des armatures dans les coffrages est à examiner, en relation avec les prescriptions d'enrobage et d'écartement figurant dans les règles de calcul ou de construction en vigueur et avec les indications particulières figurant sur les plans, concernant notamment la protection des armatures.

"L'enrobage est défini comme la distance de l'axe d'une armature à la paroi la plus voisine diminuée du rayon nominal de cette armature. L'attention est attirée sur le fait que les règles données ici sont valables pour toutes les armatures, qu'elles soient principales ou secondaires. Les enrobages minimaux fixés règlementairement doivent en outre être respectés. Il convient enfin de prévoir l'enrobage minimal compte tenu de la dimension maximale des granulats et de la maniabilité du béton".

A cet effet, l'enrobage de toute armature est au moins égal à :

- "4 cm pour les ouvrages à la mer ou exposés aux embruns ou aux brouillards salins, ainsi que pour les ouvrages exposés à des atmosphères très agressives. Les distances de la mer auxquelles il peut y avoir exposition aux embruns ou aux brouillards salins dépendent des circonstances locales (nature et tracé de la côte, conditions d'exposition aux vents dominants). L'attention est attirée sur ce qu'il ne semble pas y avoir intérêt à augmenter, dans les parties tendues, l'enrobage minimal fixé pour les armatures des ouvrages à la mer, sauf pour les pièces massives. .

D'autre part, une protection efficace des armatures ne peut être offerte par le seul respect de l'enrobage prescrit; Il est non moins essentiel que le béton soit suffisamment dosé en ciment (350 à 400 kg/m³) et qu'il soit aussi peu perméable et hygroscopique que possible (donc qu'il présente une bonne compacité), ce qui ne peut s'obtenir que par l'étude sérieuse de sa composition et par le soin apporté à sa mise en place;

- 3 cm pour les parois non coffrées susceptibles d'être soumises à des actions agressives.

Il en est notamment ainsi des faces supérieures des hourdis;

- 2 cm pour les parois exposés aux intempéries ou susceptibles de l'être, exposées aux condensations ou, eu égard à la destination des ouvrages, au contact d'un liquide (réservoirs, tuyaux, canalisations, etc.);

- 1 cm pour des parois qui seraient situées dans des locaux couverts et clos et qui ne seraient pas exposées aux condensations.

L'attention est attirée sur le fait qu'un enrobage de 1 cm ne saurait admettre, à l'exécution, des tolérances en moins par rapport à cette valeur nominale. Le strict respect de celle-ci exige en particulier une densité convenable de cales ou écarteurs entre les armatures et le coffrage.

Les enrobages des armatures doivent être assurés après enlèvement éventuels de matière postérieurs à la mise en place du béton tels que bouchardage, lavage ou brossage précoce (1).

Sauf justification particulière, aucun écart en moins n'est admis pour la distance minimale des aciers aux parois et pour les distances minimales des aciers entre eux (2). .

Dans le cas des aciers principaux des éléments fléchis tels que les dalles, poutres - dalles, poutres - linteaux, l'écart admissible en moins sur la hauteur utile est limité au vingtième de celle-ci avec un minimum de 1 cm et un maximum de 5 cm.

La tolérance sur le défaut de longueur d'une barre ou sur le positionnement de la barre le long de son axe, ou sur le défaut de longueur de recouvrement de cette barre avec une autre, est habituellement de 3,5 fois le diamètre de cette barre sans excéder 5 cm. Le bureau d'études doit signaler sur les plans d'exécution, les cas particuliers pour lesquels des tolérances réduites doivent être retenues (par exemple: certaines positions d' ancrages d'armatures sur des appuis étroits...).

Des valeurs plus importantes peuvent être admises après avis de l'ingénieur d'études.

Dans le cas des aciers principaux des éléments porteurs d'élanement courant, tels que poteaux, mur, porteurs..., la tolérance en plus sur la distance des aciers au parement est limitée au vingtième de la plus petite dimension avec un minimum de 1 cm et sans que l'enrobage de ces aciers puisse excéder une valeur maximale de 5 cm (3).

Le respect des valeurs mentionnées ci-dessus dispense des justifications de résistance et de stabilité des ouvrages tels que construits. En cas de dépassement, on examine, en vue de déterminer les moyens appropriés pour y remédier, le cas échéant, les conséquences des écarts sur la stabilité de l'ouvrage et sur la possibilité de réaliser les autres ouvrages.

Commentaires:

(1) Certains aciers doivent être positionnés et maintenus en place avec précision durant le coulage du béton (chapeaux assurant la stabilité des balcons, aciers concernés par la tenue au feu, aciers des parements exposés aux intempéries et autres actions agressives).

D'autres aciers peuvent, par contre, être placés de façon moins précise (aciers de construction, espacement des cadres en zone courante...).

(2) Cette exigence de distance minimale concerne d'abord le bureau d'études dont les plans d'exécution doivent avoir été conçus de telle sorte qu'ils permettent le respect de cette clause. Une coordination entre le bureau d'études et le chantier peut être nécessaire à ce sujet.

(3) On peut considérer comme élanement courant un élanement mécanique au plus égal à 50 ou un élanement géométrique au plus égal à 15.

6.2. ETATS DE SURFACE

6.2.1. Parements des parois latérales et sous-faces:

Il s'agit en particulier des parois latérales des murs et poteaux, des sous faces des dalles et poutres et des joues latérales des poutres.

On distingue quatre qualités de parements de béton:

- parement élémentaire
- parement ordinaire
- parement courant
- parement soigné (voir le commentaire ci-dessous).

Commentaire:

Le parement élémentaire est généralement réservé aux parois de locaux utilitaires pour lesquels une finition soignée n'est pas nécessaire, ou aux parois destinées, soit à recevoir une finition rapportée appliquée sur le support, soit à être masquées par une cloison de doublage indépendante de ces parois.

Le parement ordinaire peut convenir pour les emplois ci-dessus lorsque la paroi est destinée à recevoir un enduit de parement traditionnel épais.

Le parement courant correspond par exemple à des ouvrages susceptibles de recevoir des finitions classiques de papiers peints ou peintures moyennant un rebouchage préalable et l'application d'un enduit garnissant (sauf indication contraire des DPM, ces travaux de rebouchage et enduit garnissant ne sont pas à la charge de l'entreprise de gros œuvre).

Le parement soigné convient aux mêmes usages que le parement courant mais sa meilleure finition permet de limiter les travaux ultérieurs de revêtement éventuel et n'exige qu'une moindre préparation.

En l'absence de toute indication des DPM, les parements élémentaires et ordinaires sont considérés comme admis respectivement pour le béton non armé et le béton armé. Cependant, le parement extérieur des ouvrages exposés à la pluie doit, lorsqu'il est destiné à rester brut ou à être revêtu d'une peinture, être un parement soigné.

Des qualités de parement différentes peuvent être exigées. Elles sont alors définies dans les DPM (parements bouchardés, lavés etc.).

Les caractéristiques des parements définis ci-dessus sont regroupées dans le tableau ci-après.

Caractéristiques des divers parements

Parements	Planéité d'ensemble rapportée à la règle de 2m	Planéité locale rapportée à un réglet de 0,20m (creux maximal sous ce réglet) hors joints	Caractéristiques de l'épiderme et tolérances d'aspect
élémentaire	Pas de spécification particulière	Pas de spécification particulière	Pas de spécification particulière
Ordinaire	15 mm	6 mm	Uniforme et homogène Nids de cailloux ou zones sableuses ragrées. Balèvres affleurées par meulage Surface individuelle des bulles inférieures à 3 cm ² , profondeur inférieure à 5 mm
Courant	7 mm	2 mm	Etendue maximale des nuages de bulles 25 % Arêtes et cueillies rectifiées et dressées.
Soigné	5 mm	2 mm	Identiques au parement courant, l'étendue des nuages de bulles étant ramenée à 10 %

Commentaire:

Les colonnes 2 et 3 de ce tableau ne peuvent s'appliquer qu'aux parements plans; pour les parements à motif ou à reliefs, les indications de ces colonnes doivent être adaptées à chaque cas, seule celle relative à la qualité proprement dite de l'épiderme restant directement applicable.

6.2.2. Parements des surfaces de dalles et planchers :

Les spécifications concernant les parements des surfaces de dalles, dallages et planchers sont données dans le tableau ci-après.

Surface	Planéité d'ensemble rapportée à la règle de 2m	Planéité locale rapportée à un réglet de 0,20 m (creux maximal sous ce réglet) hors joints	Tolérances d' aspect et autres spécifications
Béton brut	Pas de spécification particulière	Pas de spécification particulière	Pas de spécification particulière
Béton surfacé - parement courant	10mm	3mm	Aspect régulier
- parement soigné	7mm	2mm	Aspect fin et régulier
Béton à Chape incorporée	7mm	2mm	Aspect fin et régulier
Chape rapportée	5mm	2mm	Aspect lisse, fin et régulier
Cas particulier des dalles préfabriquées			
- parement courant	7mm	2mm	Aspect fin et régulier
- parement soigné	5mm	1 mm	Aspect fin et régulier Désaffleurement au droit des joints inférieur à 3 mm

Commentaire:

L'état de surface des dallages à usage industriel n'est pas traité dans le présent texte.

CHAPITRE VII

PLANS ET NOTES DE CALCUL

Les ouvrages à construire sont définis par un dossier de plans établis à une échelle appropriée et fournissant sans redondance toutes les indications nécessaires, compte tenu des usages et connaissances du personnel exécutant les ouvrages.

Commentaire:

Certains ouvrages, soit parce qu'ils sont de faible importance, soit parce que l'entreprise a l'habitude de les exécuter, peuvent ainsi être définis de façon simplifiée ou par référence à des documents types ou des catalogues, etc...

Le dossier des plans d'exécution des ouvrages doit préciser les indications suivantes:

- les hypothèses de charges d'exploitation retenues au projet, la portance du sol...;
- les conditions spéciales de mise en œuvre relatives à la stabilité de l'ouvrage (préfabrication, phases de travaux, étaitements, délais...);
- les caractéristiques du béton (soit dosage, soit résistance...) et des armatures requises, ainsi que les conditions de façonnage de ces armatures, sauf à se référer à des documents types;
- les enrobages des aciers lorsqu'ils sont fondamentaux pour la stabilité (balcons, poteaux très élancés...), pour la bonne conservation de l'ouvrage (parements exposés aux intempéries et autres actions agressives...) et pour la sécurité (sécurité au feu, garde-corps...);
- les noms et signatures de l'exécutant et du vérificateur des plans.

Les notes de calcul nécessaires à l'établissement du dossier de plans ne sont en principe pas à fournir. Toutefois, les hypothèses et méthodes de calcul utilisées pour tout ou partie de l'ouvrage peuvent être demandées, ainsi que, sur indication expresse des DPM, les notes de calcul des éléments particuliers.

Les notes de calcul et plans sont des documents de travail établis en vue de permettre la réalisation de l'ouvrage construit en conformité du marché de travaux. Ainsi les plans d'exécution des ouvrages, les plans d'atelier et de chantier représentent des ouvrages qui se différencient de ceux effectivement construits du fait, d'une part, des divers écarts admissibles de construction (tolérances), d'autre part, des diverses adaptations ou transformations mineures respectant les règles de l'art et qui, conformément aux usages et après consultation, le cas échéant, de l'ingénieur d'études, sont laissées à l'initiative du responsable technique des travaux.

Commentaire:

Exemples de transformations mineures:

- adaptation d'un ferrailage prévu en vue d'en faciliter le façonnage en usine ou pour tenir compte de longueurs commerciales ou pour optimiser les chutes ;
- adaptation d'un ferrailage en vue de pallier une rupture de stock sur un diamètre, sur un type de panneaux, sur une nuance d'acier...

Exemple de transformations nécessitant un plan rectificatif:

- déplacement d'une trémie importante dans un plancher ou d'une réservation importante dans une poutre ou un voile porteur.

ANNEXE 1

RESISTANCE CARACTÉRISTIQUE D'UN BETON:

La résistance caractéristique $f_c 28$ choisie pour le béton d'une partie d'ouvrage doit être justifiée sur la base du dossier d'étude du béton (article 4.2) et être comparée aux résultats des contrôles effectués sur le béton durci (article 5.232).

Ceci peut être obtenu à partir des essais de compression effectués à 28 jours, dans les conditions normalisées, sur éprouvettes cylindriques de diamètre 16 cm et de hauteur 32 cm.

Commentaire :

Lorsqu'il est nécessaire de connaître la résistance caractéristique du béton à j jours (j inférieur à 28) les résultats des essais effectués à j Jours sont interprétés suivant les mêmes règles.

On distingue les cas suivants:

1er cas:

Si les essais portent sur trois séries de trois cylindres, chaque série étant prélevée dans la gâchée (ce qui constitue un prélèvement), et l'ensemble des prélèvements étant effectué au cours d'une période d'un mois au plus, la résistance caractéristique déduite de ces essais est:

- au moins égale à $\min(m - 4; f_1 + 1)$, si $f_c 28$ choisi est inférieur à 30,

- au moins égale à $\min(m - 6; f_1 + 3)$, si $f_c 28$ choisi est supérieur ou égal à 30,

f_1 , f_2 et f_3 étant la contrainte moyenne de rupture de chacune des trois séries (ou prélèvements) ($f_1 \leq f_2 \leq f_3$) et m étant la moyenne arithmétique de ces trois valeurs. Dans les relations précédentes, les contraintes sont exprimées en MPa.

Commentaire :

Lorsqu'on dispose de résultats relatifs à un grand nombre de prélèvements ou que le béton utilisé est un béton prêt à l'emploi conforme à la norme y afférente, la détermination de la résistance caractéristique se fait de manière classique (formule issue de la théorie probabiliste et reprise dans le règlement conception et calcul béton armé).

2ème cas :

Si les essais portent sur une série de trois cylindres prélevés sur trois gâchées différentes, les trois prélèvements étant effectués au cours d'une période d'un mois au plus, la résistance caractéristique déduite de ces essais est au moins égale à :

$\min(m - 8; f_1 - 2)$,

f_1 , f_2 et f_3 étant les contraintes de rupture de chacun des cylindres (f_1 f_2 f_3) et m étant la moyenne arithmétique de ces trois contraintes.

Ce mode de vérification ne peut s'appliquer qu'à des résistances caractéristiques choisies inférieures à 30 MPa.

3ème cas:

Si les essais portent sur deux séries de trois cylindres prélevés sur six gâchées différentes, les trois cylindres d'une même série étant prélevés au cours d'une période de 1 mois au plus les deux séries étant espacées au plus de 6 mois, la résistance caractéristique déduite de ces essais est au moins égale à :

$$\min (m - 8; f_1 - 1)$$

f_1 étant la plus petite des six contraintes de rupture des six cylindres et m la moyenne arithmétique de ces six contraintes.

Ce mode de vérification ne peut s'appliquer qu'à des résistances caractéristiques choisies inférieures à 30 MPa.

ANNEXE II

UTILISATION DU SCLEROMETRE :

Cette annexe a été établie dans l'attente de la parution d'une norme ou d'une prescription technique traitant de ce sujet.

Étalonnage et contrôle de fonctionnement

Tout scléromètre utilisé pour les contrôles définis dans le DTR doit avoir fait l'objet d'un étalonnage, effectué par un laboratoire indépendant, dans le domaine des compositions des bétons de la région, ce qui permet d'établir un réseau de courbes résistance - indice sclérométrique.

Ce scléromètre fait l'objet d'un entretien et de vérifications fréquentes de bon fonctionnement à l'enclume de contrôle.

2. Vérification périodique avec réétalonnage éventuel:

Le réseau des courbes résistance -indice sclérométriques fait aussi périodiquement l'objet d'une vérification, avec réétalonnage éventuel dans son domaine de résistance, en fonction des résultats d'essais de compression d'éprouvettes cylindriques et des mesurés des indices relevés au scléromètre sur ces éprouvettes.

Par éprouvette cylindrique, l'indice sclérométrique est la médiane des indices relevés sur au moins onze mesures effectuées en onze points distincts après avoir poncé la surface du béton en ces points (si l'on classe les onze résultats par ordre croissant, la médiane est la sixième valeur). Les mesures au scléromètre ne peuvent être effectuées qu'après un délai d'au moins 48 heures après la sortie de ces éprouvettes des bacs d'eau dans lesquels elles étaient éventuellement conservées.

La vérification avec réétalonnage éventuel est faite annuellement par catégorie de béton à l'aide de neuf éprouvettes cylindriques prélevées sur trois gâchées différentes et dont les essais de compression et les mesures au scléromètre sont effectués à 28 jours. Les trois résultats des trois éprouvettes d'une même gâchée donnent une valeur moyenne de résistance. Les trois résultats des trois éprouvettes d'une même gâchée donnent une valeur moyenne de résistance. Les trois résultats d'indice sclérométrique de ces mêmes éprouvettes donnent un indice moyen. On a ainsi trois couples de valeur, valeur moyenne de résistance - indice moyen sclérométrique, sur lesquels on peut par translation (parallèle à l'axe repérant les résistances) ajuster au mieux la courbe du réseau obtenu pour ce béton lors de l'étalonnage du scléromètre.

Une autre façon d'effectuer la vérification périodique avec réétalonnage éventuel peut consister à effectuer des mesures d'indices sclérométriques dans la gamme de résistances des bétons utilisés sur une ou plusieurs éprouvettes de référence conservées à cet effet.

Il est admis de ne pas changer cette courbe lorsque les écarts constatés pour les résistances sont inférieurs à 15%.

3. Incidence des conditions climatiques:

Les mesures au scléromètre effectuées in situ, à comparer aux résistances obtenues par écrasement de cylindres à 28 jours, conservés dans les conditions normalisées, doivent être réalisées à 28 jours de temps équivalent exprimé en jours.

Si on appelle P la température moyenne du béton durant une journée, la durée de cette journée pour obtenir son temps équivalent est à multiplier par :

- zéro si P est inférieur à zéro degré

- $\frac{P+10}{30}$ si P est supérieur ou égal à zéro degré
 P étant exprimé en degrés Celsius.

**FUSEAU GRANULOMETRIQUE RECOMMANDE
POUR LE SABLE**

