

Introduction :

Sans aucun doute, le béton est un matériau de construction le plus utilisé dans le monde. Ces propriétés physiques, économiques et notamment mécaniques ont permis aux architectes et ingénieurs de génie civil de libérer ses idées et ses imaginations en des ouvrages et édifices réels.

Dans ce deuxième chapitre, on va donner un aperçu général sur le béton et ses composantes et voir quelques caractéristiques essentielles du béton.

I-1- Le béton :

On sait que le béton est le matériau obtenu en solidarifiant par une pâte de ciment, un squelette granulaire composé d'sable et gravier.

Comme le liant a des propriétés hydrauliques, ce béton est aussi appelé béton hydrauliques. [1]

I-1-1- Classe de béton :

La grande diversité des bétons a conduit à définir et préciser des critères de bases pour leur classification et leur désignation.

Les critères fondamentaux adoptés sont au nombre de cinq :

a)-La résistance à la compression :

Cette résistance est mesurée sur des éprouvettes cubique et prismatique à l'âge de 3, 14 et 28 jours. La recommandation **CEB-FIR** classe les bétons, en fonction de leurs résistances caractéristique comme suit :

Grade	Utilisations recommandées
C12	seulement pour les bétons non armé
C16, C20	pour les bétons armés
C25, C30, C35	pour béton armé ou précontraint
C40, C45, C50	Pour le béton précontraint
C60,C70,C80	dans les cas spéciaux

b) La consistance :

Représentant l'aptitude à la mise en œuvre (ouvrabilité) et mesurée par un test de plasticité : l'essai d'affaissement ou cône d'Abrams.

Consistance	Ferme	Plastique	Très plastique	Fluid
Affaissement (mm)	<4	5 à 9	10 à 15	>=16
Notation	F	P	TP	FL

Tableau I-1- Mode opératoire de l'essai de cône d'Abrams selon la NF18-451

c) La dimension des granulats utilisés 0/D, D étant la dimension maximale exprimée en (mm).

d) Le dosage minimal de ciment en Kg par m³ de béton.

e) La désignation du ciment d'après les indications normalisées (par exemple CPJ 42.5).

I-1-2- Composition du béton :

L'étude d'une composition de béton consiste toujours à rechercher conjointement deux qualités essentielles qui sont : la résistance et l'ouvrabilité.

Ces deux qualités sont étroitement liées, l'une à l'autre quant aux facteurs dont elles dépendent, mais elles varient en sens inverse.

On recommande un dosage minimal de (300 kg/m³) et un rapport (E/C) maximal de 0.65

La recommandation CEB-FIR ainsi que le règlement BAEL.83. N'inscrivent pas, des dosages pour les différentes caractéristiques qui doivent être respectés.

Le dosage des différents constituants du béton dépend du type de matériau recherché, détermine par ses utilisations. En effet, ses propriétés physiques, chimiques et mécaniques dépendent de sa composition et de facteurs extérieurs.

I-2-Constituants du béton :**I-2-1- Le ciment :**

Le ciment usuels sont aussi appelés liant hydraulique, car ils ont la propriété de s'hydrater en présence d'eau et parce que cette hydratation transforme la pâte liante, qui a une consistance de départ plus au moins fluide, en un solide pratiquement insoluble dans l'eau. [2]

Les ciments sont des poudres fines obtenues par la cuisson à haute température (vers 1450°C), et le broyage d'un mélange minéral (calcaire + argile) en général.

Les quatre principaux constituants du ciment sont :

Nom	Appellation	Pourcentage
Le silicate tricalcique	C3S	50 à 70%
Le silicate bi calcique	C2S	10 à 30%
L'aluminate tricalcique	C3A	2 à 15%
L'alumina-ferrite tétra calcique	C4AF	5 à 15%

Tableau I-2- principaux constituants du ciment

Ces poudres constituées de silicates, minéraux anhydres (en particulier silicate et l'aluminates de chaux) forment avec l'eau une pâte capable par hydratation de faire prise et de durcir progressivement (plus ou moins rapidement d'ailleurs), d'où le nom de liants hydraulique par apposition avec liant aérien à base de chaux grasse et maigre), qui ne peuvent durcir qu'en contact avec l'air.

Dans le langage courant, le terme de ciment peut être source de confusion lorsqu'il est utilisé pour désigner à la fois :

- le poudre de ciment : commercialisée en sac (vrac)
- la pâte de ciment au moment de son gâchage avec l'eau
- le produit obtenu après durcissement.

Dans tout ce qui suit, on distinguera ces différents états en appelant.

Ciment anhydre : la poudre de ciment avant son gâchage avec l'eau

Ciment hydraté : le mélange d'eau et de ciment après solidification. Il est insoluble dans l'eau

Pâte fraîche de Ciment : le mélange d'eau et de ciment anhydre avant que l'hydratation n'ait conduit à en faire un solide.

I-2-1-1-Type de ciment :

Au clinker Portland peuvent être ajoutés un ou plusieurs des ingrédients suivants :

a)-Laitier de haut-fourneau :

Produit granulé qui est obtenu par le refroidissement brusque de la gangue en fusion des hauts fourneaux. Constituant à hydraulicité latente, c.-à-d. que l'hydratation doit être activée. Le rôle de démarreur est joué par le clinker Portland.

b)-Cendre volante : réagit avec la chaux libérée par l'hydratation du clinker

c)- Calcaire : constituant inerte. Intervient physiquement comme plastifiant dans le béton frais. [3]

I-2-1-2- Propriétés de ciment :

a)-La finesse :

De mouture d'un ciment est caractérisée par sa surface spécifique ou surface développée totale des grains contenus dans une masse donnée. Cette finesse, mesurée conventionnellement selon la norme NF P 15-442 est exprimée en cm^2/g elle varie de 2700 à $3500\text{cm}^2/\text{g}$

b)-La masse volumique :

Des ciments est en génération de 800 à 1200 kg/m^3 . On compte en moyenne 1100kg/m^3 pour un ciment en vrac non tassé.

c)-La masse spécifique :

Varie en génération de 2900 à 3200 kg/m^3 soit en moyenne une densité absolue de généralement admise

I-2-2-Gravier:

I-2-2-1-Définition:

On appelle gravier l'accumulation des grains de 5 à 70 mm provenant de la distraction naturelle des roches. Tandis que la pierre concasser par broyage des roches massives, de gravier pierre artificielle, en morceaux dont les dimensions varient de 5 à 70 mm.

I-2-2-2-Granularité de gravier:

La granularité conditionne la porosité de mélange, si tous les grains, ont des même grosseurs, ont aurais une porosité maximale, donc pour avoir un mélange de volume des vides minimum il faut une composition granulométrique des grains de différentes dimensions doit se situer dans les limites appelées (fuseaux de spécifications).

Tamis	Limite de refus cumulés(%)
D min	90-100
D max	0-10
1/2(D min+ D max)	40-70
5/4 D max	0

Tableau I-3: refus cumulés sur tamis

I-2-2-3-Nature de gravier :

Le gravier provient de roches naturelles ou artificielles, constituées de minéraux chaque roche à sa propre composition chimique minéralogique. Sa résistance, son adhérence avec les ciments.

L'adhérence entre le gravier et la pate de ciment influe sur la résistance de béton, l'état de la surface lisse. Les grains de gravier concassé (naturel et artificiel) ont des surface rugueuses, donc ces derniers s'adhèrent mieux que le gravier naturel au ciment durci dans le béton, en revanche le mélange du béton à base de gravier concassé naturels et artificiels et moins fluide en raison de l'angularité de ces derniers.

I-2-2-4-Forme de gravier:

Les grains d'un gravier se distinguent par leurs formes: sphérique, cubique allongées. Le coefficient volumique C_v permet de donner une idée précise sur la forme de l'élément considère. C'est pour un grain, le rapport entre le volume absolu ou volume de la sphère circonscrite à la plus grande dimension de grains.

Le coefficient volumique est donné par la relation:

$$C_v = V / \pi D^3$$

V: volume absolu de grain de gravier.

D: la plus grande dimension du gravier.

Un coefficient faible correspond à des granulats présentant un certain nombre de "plats" et "d'aiguilles" à l'opposer en coefficient élevé correspondants à des granulats dit "cubique" ou "arrondi". la norme AFNOR P18-301 préconise :

- $C_v > 0.15$ pour les graviers de 12.5 à 25 mm.

- $C_v > 0.11$ pour les cailloux de 25 à 50 mm.

La présence d'impuretés dans le gravier influe beaucoup sur la qualité de béton, car les impuretés perturbent l'hydratation de ciment et entraînent des défauts d'adhérence entre le gravier et la pâte de ciment.

I-2-2-5-Absorption d'eau:

Les graviers en générale est plus au moins poreux, les graviers absorbent de l'eau de pluie est devient humide, il faut donc prendre en compte cette humidité lors de la détermination de la composition de béton. Si non on a une quantité d'eau de gâchage supplémentaire qui entraînent une diminution de la résistance du béton.

I-2-3-Sable:

Le sable est une masse meuble de matières minérales inorganisées, finement granuleuses (0.08 à 5mm), habituellement composées de quartz (silice), et d'une petite proportion de mica, de feldspath, de magnétite et autre minéraux durs. C'est le résultat de l'érosion, dégradation et abrasion, des roches par des processus chimiques et mécaniques. Quand les grains viennent de se former, ils sont habituellement anguleux et très pointus. Par la suite sous l'action du vent et de l'eau, ils s'usent, s'arrondissent et deviennent de plus en plus petits.

Le sable est un élément très important dans la constitution des bétons et c'est généralement par la médiocre qualité du sable que périssent les bétons.

I-2-3-1-Classification de sable:

a)- suivant leurs grosseurs: en trois types:

Sable fin → 0.08 à 0.315 mm

Sable moyen → 0.315 à 2.00 mm

Sable gros → 2.00 à 5.00 mm

b)- suivant leur provenance:

- sable de rivière : absence de grains fins.
- sable dunes : uniformité et prédominance de grains fins.
- sable de plaines ou d'alluvions : absence de gros grains.

- sable résidus de concassage : prédominance de gros grains et présence de farines ou fines ou fillers.

- sable de mer.

I-2-3-2-Rôle de sable dans le béton:

Dans le béton le sable occupe presque $\frac{1}{4}$ de son volume par conséquent la qualité du sable influant considérablement sur la qualité du béton.

Il remplit avec le ciment et l'eau tous les vides entre les grains de gravier, décidant ainsi la structure compacte du béton, d'autre part de son cout de revient; puisqu'il est toujours moins cher que le ciment.

I-2-3-3- Caractéristiques de sable utilisés dans le béton:

La propriété des sables se déterminer par différents méthodes parmi elles la méthode de l'équivalent de sable (Es) l'emploi d'un sable souillé conduit à une baisse de la résistance et une augmentation de retrait dans le béton.

La dureté des grains et enfin un facteur important pour l'obtention d'un béton convenable.

Les sable siliceux sont les meilleurs, les sables calcaires au contraire sont rarement assez durs pour assurer au béton une bonne résistance.

Notons que les sables peuvent contenir une quantité d'eau importante jusqu'à 200l et plus par 1 m³, pour cela lors de détermination de dosage en eau il faut tenir compte de cette teneur en eau du sable, ou bien il faut sécher le sable en utilise l'étuves ou bien naturellement. [3]

I-2-4-Eau de gâchage:

L'eau de gâchage et la quantité d'eau totale ajoutée au mélange sec de béton elle est nécessaire pour l'hydratation du liant, le mouillage des granulats et la facilité de mise en place du béton. Cette eau a un grand rôle; elle est soumise à certaines exigences est à même fait l'objet d'une norme (NF18-303).

On conçoit donc, en premier lieu, que les impuretés nocives interdites pour les granulats ne doivent pas être apportées par l'eau de gâchage.

I-2-4-1-Caractéristiques physiques:

L'eau de gâchage des bétons doit être propre, ne pas contenir de matières en suspension au-delà de certaines valeurs permises. les tolérances réglementaires sont les suivant:

- 2g/l pour le béton type A et type B.
- 5g/l pour le béton type C.

Les matières en suspension n'ont pas la même nocivité.

- béton type A : béton de haute qualité à résistance élevée.
- béton type B : béton a faible perméabilité.
- béton type C : béton a faible résistance peut au non armé.

I-2-4-2 Caractéristiques chimiques:

L'eau de gâchage des bétons ne doit pas contenir de sels dissous au-delà de :

- 15g/l pour les bétons type A et type B.
- 30g/l pour le béton type C.

L'eau de mer est admise pour le gâchage des bétons du type C, sauf certaines prescriptions spéciales. Toutes eau douteuse doit être analysée chimiquement au laboratoire spécialisé.

I-3-Propriétés du béton :

L'importance du matériau de béton nous oblige à étudier ses Propriétés soit savoir, l'état frais et à l'état durci.

I-3-1- l'état frais :**I-3-1-1-Maniabilité (ouvrabilité) :**

L'ouvrabilité est une qualité essentielle du béton, elle peut se définir comme la facilité offerte à la mise en oeuvre du béton pour le remplissage parfait du coffrage, Pour étudier la maniabilité il faut étudier la fluidité.

I-3-1-2-Fluidités :

La fluidité est évaluée par la capacité du béton de couler sous l'action de poids propres ou d'une vibration.

Il existe plusieurs essais et testes divers permettant la muser de certaines caractéristiques dont dépend l'ouvrabilité.

- affaissement ou cône d'abrams « slump-test » EN 18-451.
- étalement à la table à secousses « flow-test » EN 12-358.
- essai vété « essai de consistance » ISO 4410.

I-3-1-3-Ressuage :

C'est la remontée éventuelle d'eau à la surface d'un béton avant prise. Cette remontée et liée ou tassement sous l'effet de leur poids des éléments solide (ciment granulats) qui composent le matériau.

I-3-1-4-Ségrégation :

C'est la séparation des petits et des gros grains dans le béton lors de différente manutention et en particulier de transport, la ségrégation conduit à l'hétérogénéité du béton et par conséquent à la l'abaissement de la résistance.

I-3-2-l'état durci :

I-3-2-1-Fluage et retrait :

L'utilisation des agrégats recyclés dans le béton induit une contraction due à la forte absorption de ces agrégats. Certaines études montrent que, pour le béton à base de granulat recyclé à l'âge de 90 jours, le retrait pourrait être d'environ de 0,55 à 0,8 mm / m, alors que la valeur pour un béton à base de granulat naturel est seulement d'environ 0,30 mm / m [4].

Cependant, les résultats des tests pour le fluage en conditions normales de laboratoire ne sont pas si évident, si certaines études ont montré la tendance à s'inverser, c'est à dire le fluage après 1 an est d'environ 20% inférieure à celle du béton avec béton à base de granulat naturel [5].

Bien que davantage de travaux de recherche sont nécessaires dans le domaine, il semble que le comportement global du béton à base de granulat recyclé et béton à base de granulat naturel peut être comparable lors de l'affichage de l'effet combiné du retrait et du fluage.

I-3-2-2-Porosité:

Des essais de porosité par injection de mercure montrent tout d'abord un volume important des gros pores dans les bétons de granulats recyclés. La porosité des bétons de granulats recyclés est généralement corrélée à leur capacité d'absorption.

La forte capacité d'absorption des bétons de granulats recyclés est liée à une forte Porosité de ce matériau.

Le taux de ciment dans le béton parent influe également sur la Porosité des bétons de granulats recyclés. Celle-ci augmente significativement avec l'augmentation de la quantité de pâte de ciment [4].

I-3-2-3-Perméabilité :

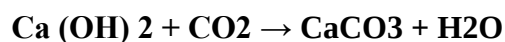
Selon, lorsque le rapport E/C est supérieur à 0,55, la présence de granulats de recyclage ne modifie pas cette propriété. Par contre pour des faibles valeurs du rapport E/C, la perméabilité des bétons recyclés est supérieure à celles des bétons conventionnels. [6]

I-3-2-4-Durabilité :

Un béton durable est un béton capable de résister à un degré satisfaisant aux attaques chimiques et à tout processus de détérioration. Il conserve sa forme originale et sa qualité quand il est exposé à son environnement.

I-3-2-5-Carbonatation :

La Carbonatation du béton due à l'action de l'acide carbonique CO_2 qui se trouve dans l'atmosphère (en faible quantité environ 0.5%) sur la chaux libérée par l'hydratation des carbonates de calcium CaCO_3 :



I-4-Différents types de béton:

- Béton auto plaçant (BAP)
- Bétons de hautes performances (BHP)
- Béton de fibres
- Béton compacte au rouleau (BCR)
- Béton préfabriqué
- Bétons à durcissement rapide
- Béton de terre
- Béton léger
- Béton lourd
- Béton de poudre réactive (BPR)
- Béton ordinaire.