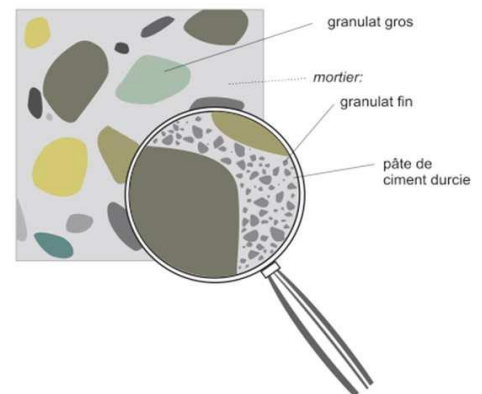


Composition du béton

1-introduction :

Le béton est un matériau composite constitué de granulats gros et fins (gravier ou pierre concassée, sable), de ciment et d'eau. Le mélange entre le ciment et l'eau forme une pâte qui durcit. La pâte de ciment hydraté et le sable constituent le mortier. Celui-ci a pour rôle de se lier avec les gros granulats pour former un conglomerat solide. Les adjuvants et les additions servent à améliorer certaines caractéristiques du béton frais ou durci.



1.2 Un peu d'histoire...

Le béton est né du besoin d'avoir un matériau de construction bon marché, malléable au moment de le mettre en place et résistant ensuite.

La forme la plus ancienne du béton remonte à 7000 ans avant JC. Un matériau similaire était connu des égyptiens et des Romains, mais l'essor réel du béton tel qu'on le connaît aujourd'hui est dû à l'anglais Joseph Aspdin qui en 1824 fait breveter le ciment Portland.

1.3 Le ciment

Le ciment est un liant hydraulique : la réaction chimique entre la poudre de ciment et l'eau produit un minéral artificiel insoluble. Plus les grains de ciment sont fins, plus cette réaction (hydratation) s'opère rapidement. Le durcissement a lieu aussi bien à l'air que sous eau.

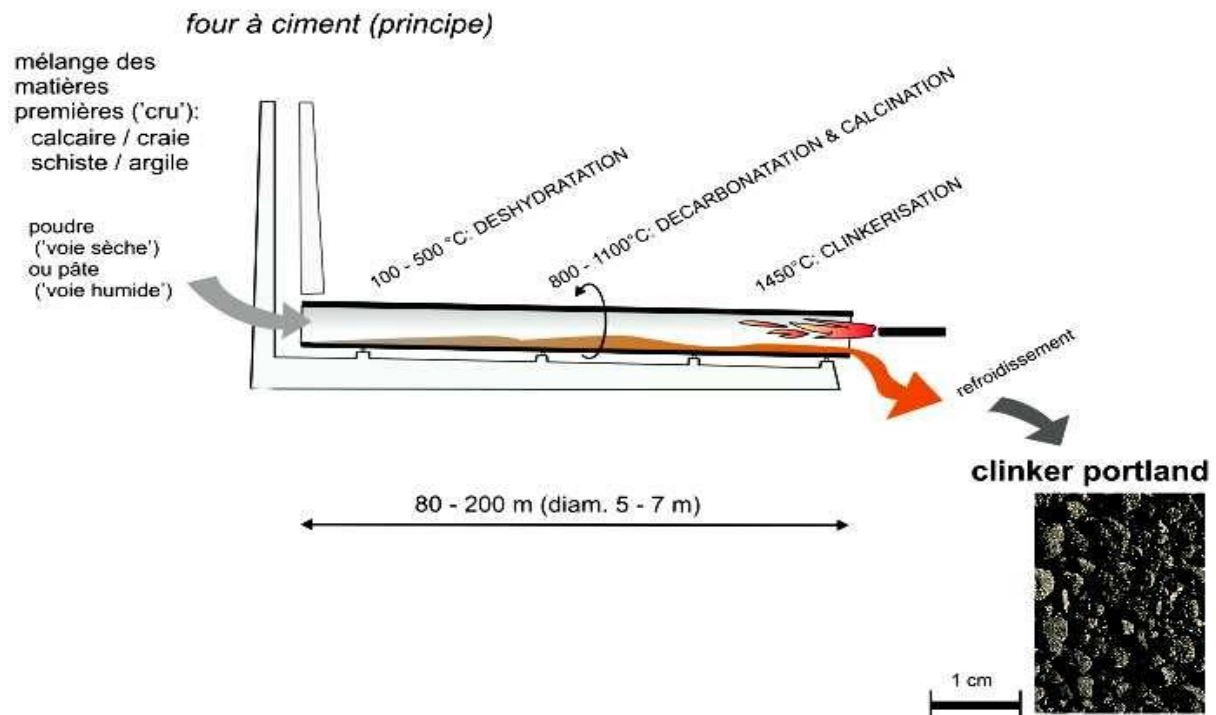
1.3.1 Le ciment Portland (aussi appelé clinker Portland)

Il s'agit d'un mélange, finement moulu de roche calcaire(craie) et de schiste (argile) , homogénéisé, séché, décarbonaté puis fondu(1500°C) dans un four rotatif. Ensuite ce mélange est refroidi rapidement et enfin broyé. On obtient ainsi le clinker Portland.

Le clinker est finement broyé pour donner un ciment. Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets, gros cylindres chargés de boulets d'acier et mis en rotation.

Lors de cette étape, le gypse (3 à 5%), indispensable à la régulation de prise du ciment, est ajouté au clinker. On obtient alors le ciment.

Les matières premières (calcaire, argile) sont obtenues à partir de carrières naturelles à ciel ouvert. Elles sont extraites des parois rocheuses par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique. C'est la raison pour laquelle les cimenteries sont situées près de carrières de calcaire ou de craie.

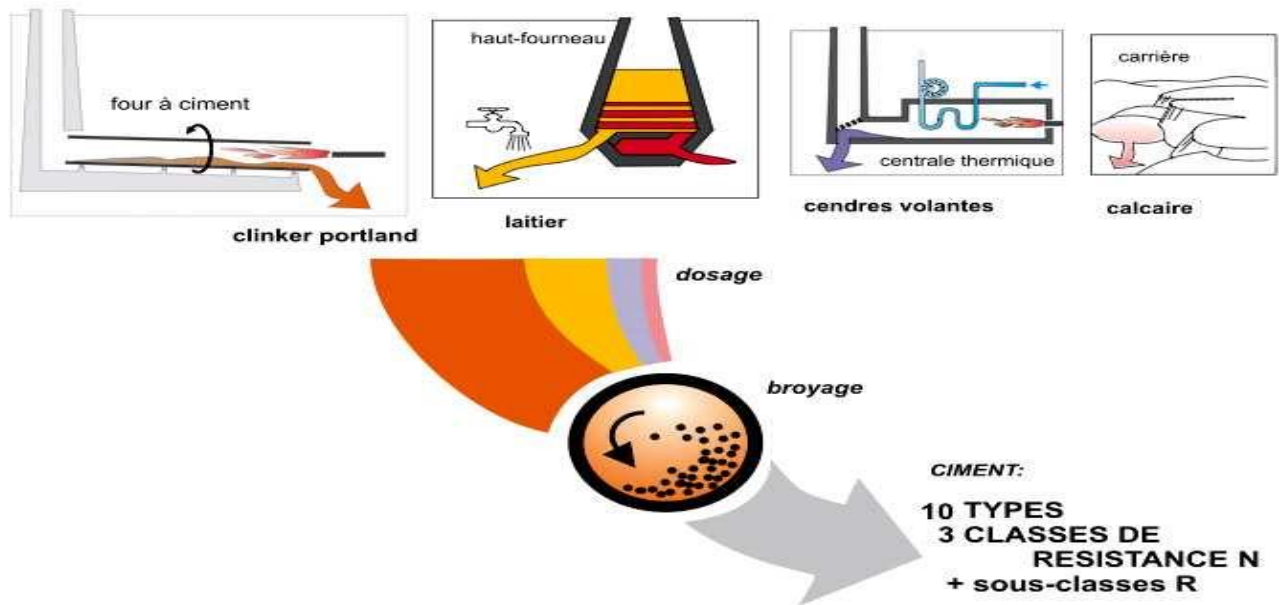


1.3.2 Les autres types de ciment

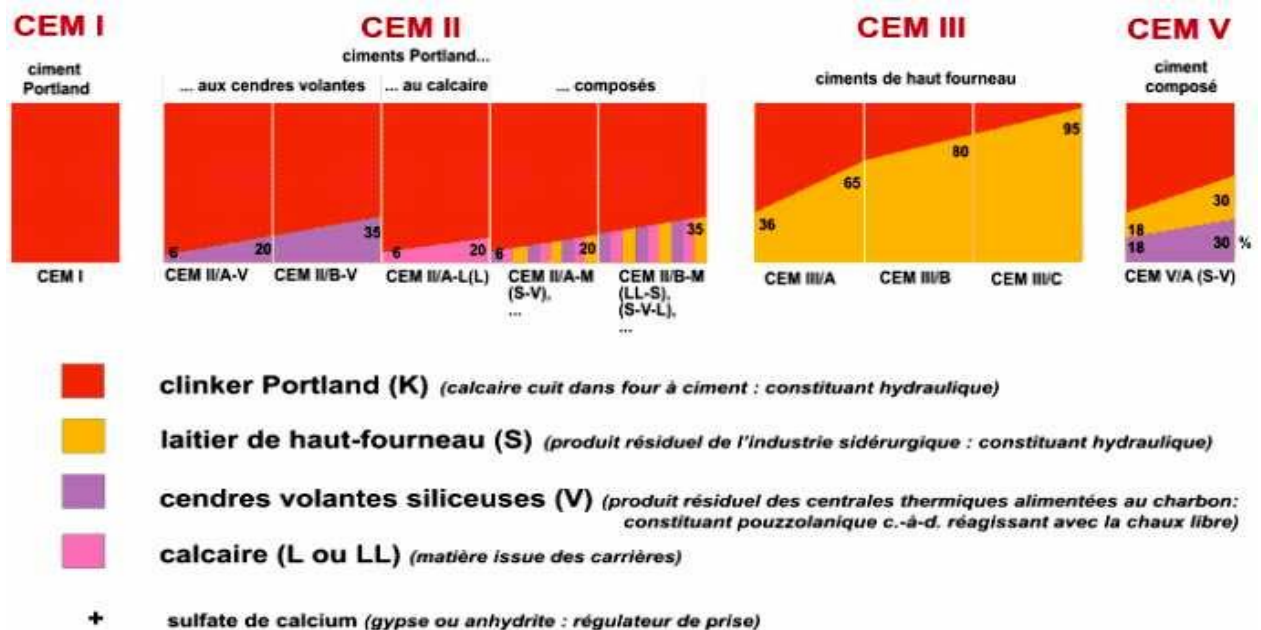
Au clinker Portland peuvent être ajoutés un ou plusieurs des ingrédients suivants :

- 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.
- cendre volante : réagit avec la chaux libérée par l'hydratation du clinker.
- calcaire : constituant inerte. Intervient physiquement comme plastifiant dans le béton frais.

Le béton



1.3.3 différons classe ciments :



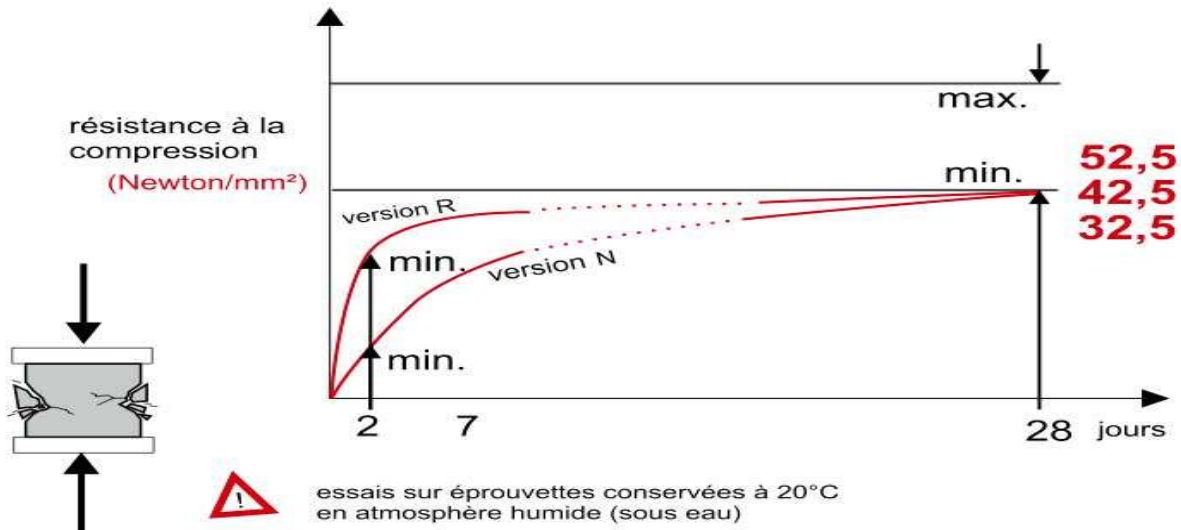
Le choix d'un ciment se fait suivant les critères suivants :

- Prestations élevées à court terme ex.: CEM I 52.5R ou CEM III/A 52.5R¹
- Température de bétonnage
- Temps froid : CEM I 52.5 ou CEM I 42.5
- Temps chaud : CEM III/C 32.5
- Présence de sulfates
- Prévention réaction alcali-silice...

« R » = prise rapide

1.3.4 Résistance du ciment durci

la résistance du ciment augmente en fonction du temps, comme le montre la figure suivante :



la composition et la finesse de mouture d'un ciment déterminent le développement de sa résistance. En fonction de cette évolution, les ciments sont divisés en "classes de résistance". Celles-ci correspondent à des niveaux de performances minimales à 28 jours. Dans chaque classe, et suivant les performances au jeune âge, une distinction est faite entre la version N (normale) et la version R (rapide).

Le ciment durci a une résistance comparable à celle

du béton. Pourquoi dès lors faut-il ajouter au béton

d'autres ingrédients ?

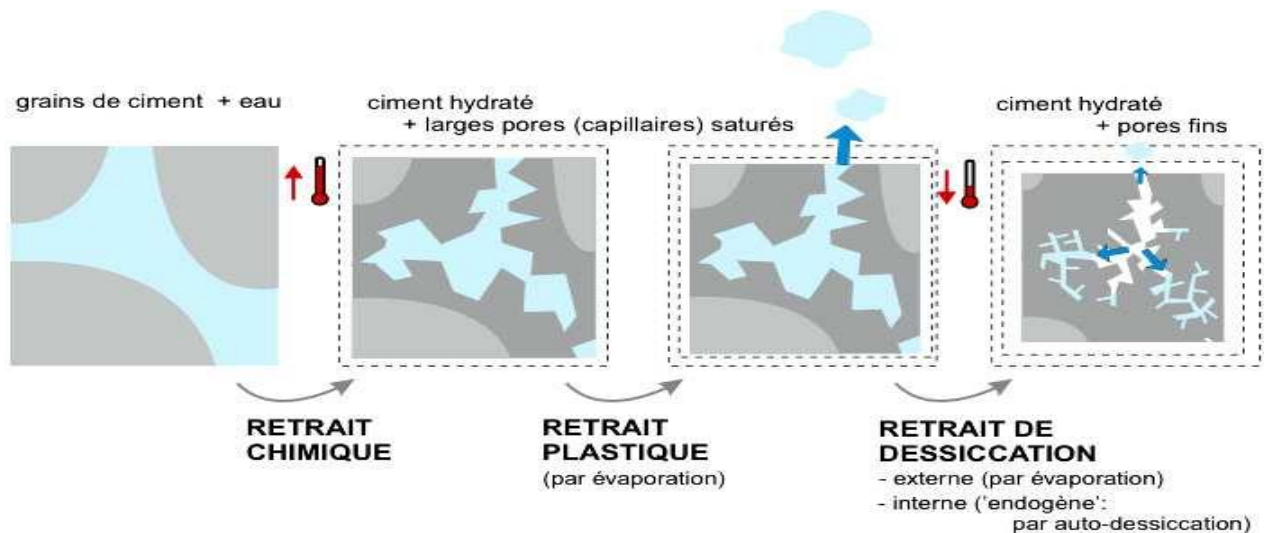
Parce que :

Le coût de production du ciment est élevé,

Le ciment durci est l'objet de deux phénomènes dont il faut limiter les effets: le retrait et le fluage

1.3.5 la déformation des bétons au cause de Phénomène de retrait et de fluage

1.3.5.1 Phénomène de retrait : on constate que il ya trois type des retrait sont

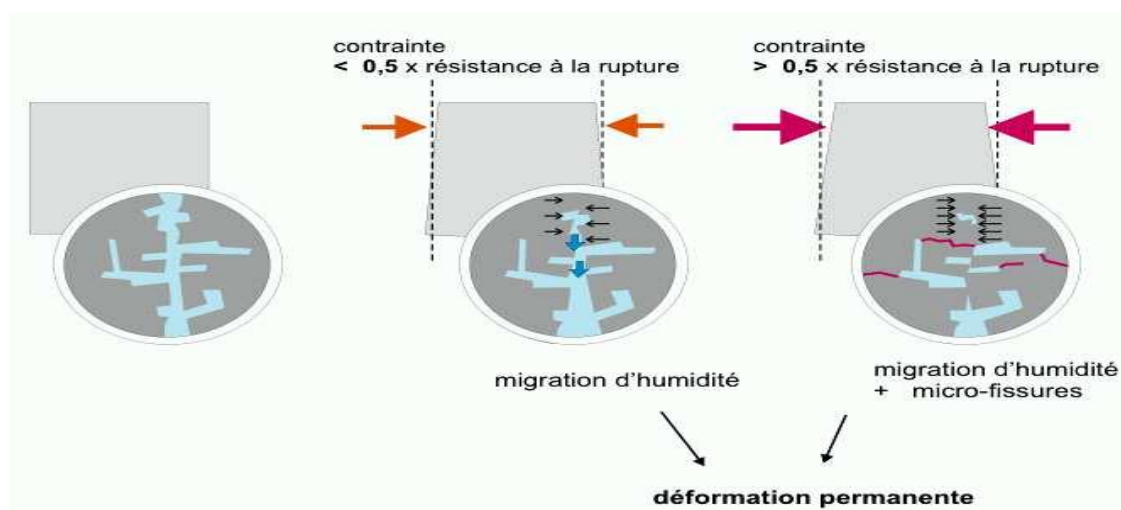


Le retrait chimique est dû au fait que le ciment hydraté occupe un volume plus petit que la somme des volumes du ciment et de l'eau.

Le retrait plastique est causé par l'évaporation de l'eau libre (c'est-à-dire qui n'a pas hydraté le ciment).

Le retrait de dessiccation (retrait hydraulique) résulte de l'évaporation de l'eau des pores du béton durci suivie de la contraction des pores par les forces capillaires.

1.3.5.2 Phénomène de fluage :



Ce phénomène résulte en premier lieu d'une migration d'humidité. En cas de charge plus importante, des microfissures se développent dans la pâte de ciment

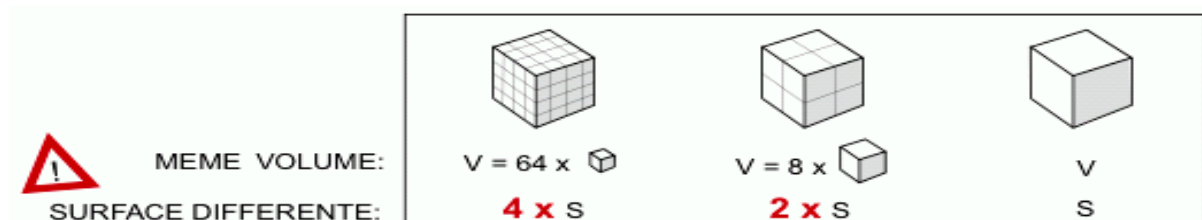
durcie. Un béton jeune est plus sensible au fluage parce que la structure du matériau résiste moins bien aux contraintes de compression et de traction internes. Le fluage est donc une déformation sous contrainte constante appliquée au béton.

Donc pour éviter l'apparition de ces phénomènes, il faut minimiser la quantité de ciment c'est-à-dire remplir par des matériaux inertes et solides (granulats).

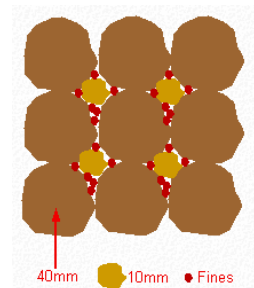
1.4 Les granulats

N'importe quel granulat ne convient pas pour faire un béton.

La quantité de ciment nécessaire pour lier l'ensemble des constituants est proportionnelle à la surface de ceux-ci. On a donc intérêt à choisir les granulats les plus gros, comme le montre l'illustration suivante :



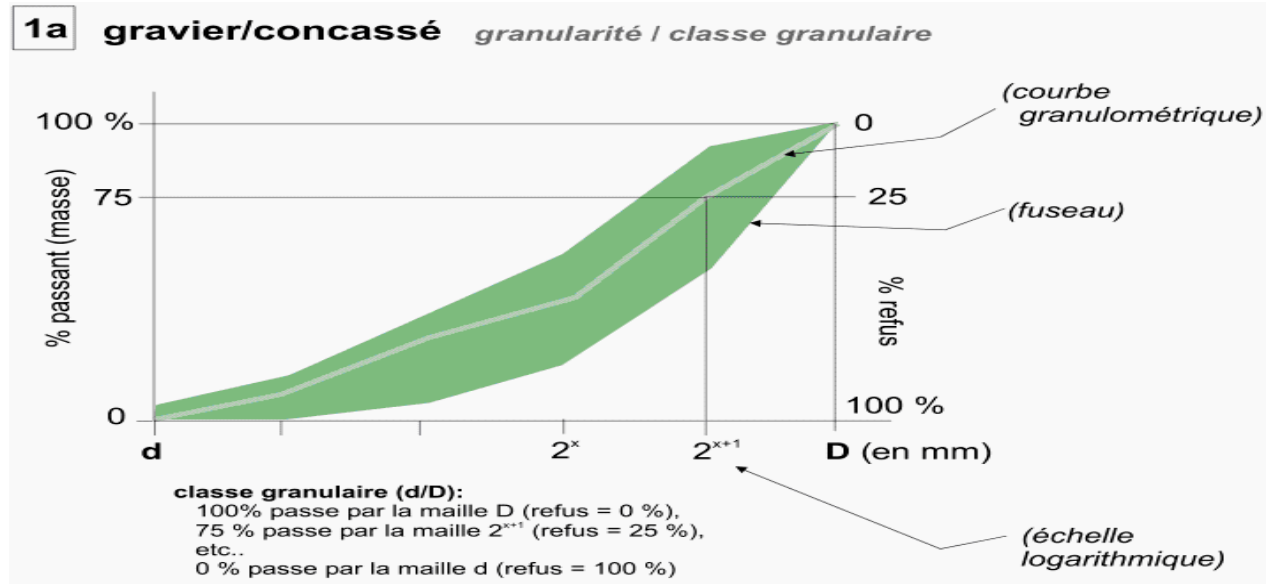
Ensuite, il faut remplir les trous entre les gros granulats, par d'autres granulats de plus petit diamètre (voir figure) : on comprend dès lors pourquoi il faut sélectionner sérieusement la quantité de granulats de chaque dimension pour optimiser le remplissage et minimiser la quantité de ciment. C'est le but de la granulométrie.



1.6.1 La granulométrie

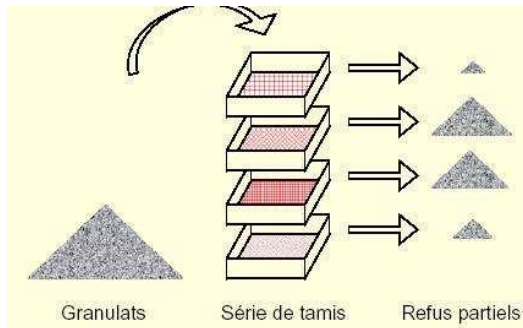
Elle a pour but de vérifier:

- que la granularité réelle du produit livré correspond bien à la classe granulaire annoncée par le producteur. Cette vérification consiste à constater que la courbe granulométrique obtenue est située à l'intérieur du fuseau imposé dans la norme B11-101 pour la classe granulaire concernée,
- que cette granularité reste relativement constante d'une livraison à l'autre. Cette vérification consiste à faire une appréciation statistique d'une série d'essais consécutifs et à constater le domaine de variation de la granularité.



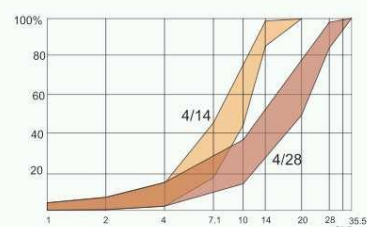
Courbe granulométrique d'un granulat d/D

On exprime la granularité par un graphique (voir ci-dessus) dans lequel la courbe granulométrique indique les pourcentages en masse passant par les tamis successifs dont les trous sont de plus en plus petits (voir ci-dessous).



Il existe différentes classes granulaires dont pour les plus fréquentes, les normes définissent des fuseaux à l'intérieur desquels les courbes granulométriques doivent être situées.

Exemples : graviers roulés: classes granulaires les plus fréquentes, cfr. NBN B11-101

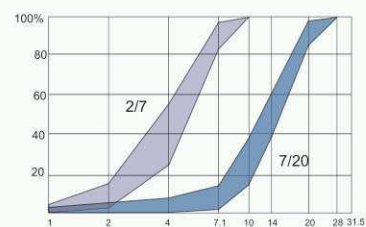


4/14

4/28

1 cm

pierres concassées: classes granulaires les plus fréquentes, cfr. NBN B11-101



2/7

7/20

1 cm

A l'aide de la courbe granulométrique et le fuseau, on peut évaluer la qualité d'une composition comme dans le schéma ci-dessous qui montre des exemples de granularités moins bonnes.

1-6-2 Essai de Los Angeles (de résistance à la fragmentation par chocs) :

lavée, séchée et pesée, la prise d'essai (5000gr) est placée dans le tambour de la machine avec une charge de boulets appropriés à la granularité choisie. Entraînés durant 500 tours (15 mn) par la tablette en acier, les boulets retombent avec le Matériau qu'ils fragmentent. Ce dernier

Est ensuite lavé sur un tamis à 1.6 mm, séché et pesé.

Le coefficient Los Angeles est le rapport entre la masse du refus et la masse initiale.

1-6-2-1 Matériel / Fourniture nécessaire

* Machine Los Angeles Boulets Etuve

* Balance 15 kg

* Tamis 1.6 mm



1.7 Eau de gâchage

Le "gâchage" est l'opération irréversible d'ajout de l'eau au ciment. Cette opération se poursuit par le malaxage.

L'eau de gâchage est la quantité totale d'eau que l'on utilise pour faire le béton.

La résistance finale d'un béton dépend du **rapport E/C (masse d'eau / masse de ciment)** du mélange.

Le rapport E/C d'un béton courant varie entre 0.4 (qualité supérieure) et 0.6 (béton de fondation)

En général toutes les eaux conviennent si elles ne contiennent pas d'éléments nocifs qui influenceraient défavorablement le durcissement (matières organiques telles que huiles, graisses, sucres...) ou la corrosion des armatures (acides humiques, eaux de mer...).

L'eau potable du réseau de distribution convient très bien mais l'eau puisée en eau courante ou dans la nappe phréatique peut en général convenir.

On évitera toujours l'approvisionnement en eaux stagnantes odoriférantes.

1.8 Élasticité du béton :

Le module d'élasticité E est défini par le rapport :

$E = \text{contrainte unitaire} / \text{déformation relative}$

Pour le projet Courante ; on admet :

$E_{ij} = 11000 f_{cj}^{1/3}$ (module longitudinal instantané du béton)

F_{cj} = la résistance caractéristique à (j) jour

$E_{vj} = 3700 f_{cj}^{1/3}$ (module de déformation différée)

$F_{cj} = 1.1 f_{c28}$

Et avec : E_{ij} , E_{vj} , f_{c28} , F_{cj}

puis que le module d'élasticité de l'acier est de l'ordre $200\,000 \text{ N/mm}^2$

1-9 coefficient de poisson :

Le coefficient de poisson est le rapport entre la déformation longitudinale et la déformation transversale ; ce coefficient est en compression comme traction .

En le calcule à partir des éprouvettes cylindrique normalisé.

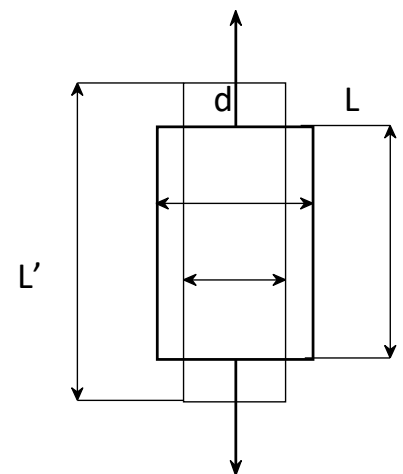
L : longueur de l'éprouvette

L' : après déformation

D : largeur de l'éprouvettes

D' : après déformation

$\mu = \text{déformation transversale} / \text{déformation longitudinale}$



2. Propriétés physiques

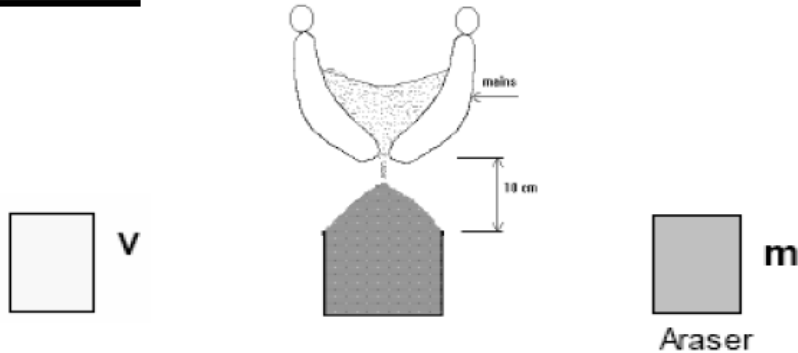
2.1 Masse volumique apparente

C'est la masse totale ou humide du matériau par unité de volume.

La masse volumique apparente d'un matériau pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté.

Elle est donnée par : $\rho_T = \frac{M_T}{V_T} \dots\dots [Kg / m^3]$

ESSAI



- La masse volumique apparente est donnée par:

$$\rho_T = \frac{m_T}{V_T}$$

- L'essai est répété 5 fois pour un volume de 1 litre et la moyenne de ces essais donne la valeur de la masse volumique apparente.

2.1.1 Méthode de détermination

2-1-1. Méthode de l'éprouvette graduée

Cette méthode est simple et rapide à réaliser, faible précision.

- Remplir une éprouvette graduée avec un volume V_1 d'eau
- Peser un échantillon sec de masse M (300g granulats) et

l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.

- Lire le nouveau volume V_2

- La masse volumique absolue est donnée par: $\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1}$

2.2 Masse Volumique absolue (réelle)

C'est la masse des grains solides du matériau par unité de volume

(sans vides). Elle est donnée par : $\rho = \frac{M_s}{V_s} \dots\dots [Kg / m^3]$

2.2.1 Méthode de détermination

2.2.1.1. Méthode de l'éprouvette graduée

Cette méthode est simple et rapide à réaliser, faible précision.

- Remplir une éprouvette graduée avec un volume V_1 d'eau
- Peser un échantillon sec de masse M (300g granulats) et

l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.

- Lire le nouveau volume V_2
- La masse volumique absolue est donnée par: $\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1}$

