

FICHE GUIDE 2

Vérification de la formulation de base par des essais sur béton frais

1. ESSAIS D'ETUDE

Les essais sur béton frais sont réalisés en laboratoire pour vérifier que la formulation obtenue par les calculs préliminaires permet d'atteindre les objectifs visés.

1.1. Mode opératoire pour la réalisation d'un béton

Il faut :

- Préparer les éprouvettes et peser les différents matériaux.
- Mesurer l'eau à l'aide d'éprouvette graduée.
- Malaxer le béton en deux temps * :
 - 1) Malaxage à sec du mélange (gravier, ciment et sable) pendant environ une minute.
 - 2) Introduire l'eau et malaxer durant deux minutes.
- Procéder aux essais sur béton frais (contrôle de la plasticité, ...).
- Calcul de la masse volumique réelle du béton.
- Confectionner les éprouvettes pour les essais sur béton durci.

(*) Remarques

- Temps de malaxage

Le temps de malaxage varie en moyenne de 45 secondes (pour les malaxeurs puissants) à 2, 3 voire 4 minutes pour les bétonnières traditionnelles à axe incliné. Mais, quel que soit la puissance du malaxeur, il faut que les constituants du béton soient intimement mélangés, en particulier les grains de ciment à l'eau afin de faciliter leur hydratation et d'obtenir une meilleure maniabilité.

- Réalisation de la gâchée d'essai

La gâchée d'essai doit être réalisée avec un dosage en eau efficace légèrement inférieur au dosage préconisé. On peut, par exemple, commencer par une quantité légèrement inférieure à celle préconisée et ajuster le dosage en eau jusqu'à l'obtention de l'affaissement désiré.

- Teneur en eau

La plupart des formulations suppose que les granulats sont non poreux et secs. Si au moment de la fabrication du béton vos granulats sont humides, Il faut tenir compte de la quantité d'eau qu'ils apportent en la retranchant à la quantité d'eau totale à introduire dans le malaxeur.

1.2. Différents essais

1.2.1. Essai d'affaissement ou Slump-test

Si l'affaissement mesuré est trop faible, il faut rajouter de l'eau. Après chaque rajout d'eau, et avant de procéder à un nouvel essai au cône d'Abrams, il est indispensable de malaxer à nouveau pendant 2 minutes.

1.2.2. Essai d'étalement ou Flow-test

L'essai consiste à remplir de béton frais un moule tronconique placé au centre d'un plateau. Le béton est mis en place en deux couches. Chaque couche étant compactée par 10 coups au moyen d'un pilon. Après avoir arasé le béton avec une truelle, le moule est délicatement retiré verticalement.

On donne 15 chutes libres en 30 secondes puis on mesure le diamètre de la galette de béton. La moyenne des mesures du diamètre de la galette suivant deux directions (sur la table à secousse) définit la consistance du béton. Soit :

$$E = \frac{\Delta - \Delta_i}{\Delta} \times 100$$

Par exemple, si $60 \% < E < 80 \% \rightarrow$ Béton plastique

1.2.3. Mesure du pourcentage d'air occlus à l'aéromètre à béton

Il s'agit d'évaluer la quantité d'air occlus de manière à vérifier que le minimum prévu par la norme en vigueur en cas de gel est bien atteint.

On applique une pression donnée à un volume connu de béton. L'air occlus étant seul à diminuer de volume sous l'effet de cette pression, la loi de Mariotte permet d'en calculer le volume.

Le béton est mis en place dans le bol de mesure de l'aéromètre à béton, par piquage si l'affaissement mesuré au cône est supérieur ou égal à 10 cm, sinon par vibration.

On remplit d'eau la partie supérieure de l'appareil jusqu'au-dessus du niveau zéro qui sera réglé en ouvrant le robinet inférieur. On applique alors une pression de 0,1 MPa. Le niveau atteint par l'eau sous l'effet de cette pression indique sur l'échelle graduée le pourcentage d'air occlus.

La lecture est refaite trois fois (en réajustant à chaque fois le niveau d'eau, s'il y a lieu). L'essai est répété une deuxième fois sur un deuxième échantillon de la même gâchée.

Le pourcentage d'air retenu est la moyenne arithmétique des 6 lectures.

Exemple

Supposant que les lectures obtenues pour le premier échantillon sont :

- Première : 3,3 % → Après remise à zéro pour compenser les bulles d'air, refaire une deuxième lecture, puis une troisième, ce qui donne :
- Deuxième : 3 %
- Troisième : = 2,9 %

La deuxième et la troisième lectures sont obtenues après remise à zéro pour compenser les bulles d'air.

Ce premier échantillon donne une valeur moyenne de :

$$\frac{3,3 + 3 + 2,9}{3} = 3,06 \%$$

On procède de la même manière sur un deuxième échantillon de la même gâchée (trois autres lectures). Le pourcentage d'air occlus retenu est la moyenne des 6 lectures.

1.2.4. Mesure de la masse volumique du béton

Cette mesure permet de vérifier si la formulation choisie conduit bien à 1 mètre cube de béton. La manipulation se déroule comme ce qui suit :

- Choisir un récipient de volume V et de poids P₂ connus.
- Remplir de béton frais.
- Peser le tout, soit P₁ le poids du récipient et du béton.
- Poids du béton frais → P = P₁ - P₂

La masse volumique réelle du mélange est : $\Delta = \frac{P}{V}$

1.3. Corrections des dosages de granulats

Soit Δ_0 la masse volumique théorique déterminée lors de la formulation (dosage volumétrique ou pondéral), si :

- $\Delta < \Delta_0$ → La formulation étudiée conduit à plus d'un m³ de béton et le dosage réel en ciment se trouve donc inférieur à celui prévu théoriquement : il faut donc corriger. La correction portera sur la masse des granulats : retrancher le surplus de granulats.
- $\Delta > \Delta_0$ → La formulation conduit à moins d'un m³ de béton : il faut ajouter des granulats.

La correction sur la masse totale des granulats (ajustement de la formule au m³) est :

$$x = 1000 (\Delta - \Delta_0) \text{ (en kg)}$$

Soient P₁, P₂, et P₃ les poids des granulats g₁, g₂ et g₃ déterminés lors de la formulation, la correction sur les le poids des granulats est :

- Granulat de poids P₁ : $\frac{x}{P_1 + P_2 + P_3} P_1$

$$- \text{Granulat de poids } P_2: \frac{x}{P_1 + P_2 + P_3} P_2$$

$$- \text{Granulat de poids } P_3: \frac{x}{P_1 + P_2 + P_3} P_3$$

2. EXEMPLE

Supposant que la densité réelle Δ du mètre cube de béton frais est égale à 2326/1000 et la densité théorique Δ_0 du béton égale à 2,356.

Pour garder le même dosage en ciment, les corrections nécessaires doivent être portées sur les dosages en sable, gravillon et gravier.

La correction sur les granulats est :

$$x = (\Delta - \Delta_0) 1000 = (2,326 - 2,356) \times 1000 = -30 \text{ kg}$$

$\Delta_0 > \Delta$, la formule ne réalise donc pas exactement 1 m³ de béton mais :

$$\frac{\Delta_0}{\Delta} = \frac{2,356}{2,326} = 1,013 \text{ m}^3 > 1,0 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Réduire le surplus}$$

$\Delta - \Delta_0 = -30 \text{ kg} \rightarrow$ À répartir proportionnellement en poids sur le sable, le gravillon et le gravier.

Si les poids prévus pour les granulats sont :

- $P_s = 691 \text{ kg}$
- $P_g = 168 \text{ kg} \rightarrow P_s + P_g + P_G = 1818 \text{ kg}$
- $P_G = 959 \text{ kg} \rightarrow$

Les corrections sont donc :

$$- P'_s = 691 \left(1 - \frac{30}{P_1 + P_2 + P_3}\right) \rightarrow P'_s = 679,6 \text{ kg}$$

$$- P'_g = 168 \left(1 - \frac{30}{P_1 + P_2 + P_3}\right) \rightarrow P'_g = 165,23 \text{ kg}$$

$$- P'_G = 959 \left(1 - \frac{30}{P_1 + P_2 + P_3}\right) \rightarrow P'_G = 943,18 \text{ kg}$$

Total $\rightarrow P = 1788 \text{ kg}$

Vérification

$$1818 - 30 = 1788 \text{ kg} \rightarrow \text{Vérifiée}$$