

CENTRE UNIVERSITAIRE DE MILA
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT SCIENCES ET TECHNOLOGIE



Travaux pratique MDC 2 (3ème Année Génie Civil)

Responsable: Mr. SOLTANE Med Abdelali

ANNEE UNIVERSITAIRE 2024 2025

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

I. Introduction :

Le béton est un matériau utilisé pour construire nombreux type d'ouvrage dans les domaines du bâtiment, des travaux publics et de l'hydraulique.

A ce TP applique la formulation de Dreux Gorisse qui contient plusieurs étapes de calcul successive sont nécessaire à l'obtention de la formulation théorique de béton.

II. But de l'essai :

Détermination les quantités optimales de matériau nécessaire à la confection d'un (1) mètre cube de béton.

III. La partie théorique et pratique :

III.1 Les constituants de béton :

- Ciment : liant hydraulique représente comme poudre très fins.
- Granulat : des matériaux inertes proviennent de l'érosion ou concassage des roches.
- Sable : c'est une roche sédimentaire qui doit être propre sans poussière.
- L'eau de gâchage : pour avoir une influence sur la pris.

III.2 Choix de la dimension maximale des granulats " D" : Il faut déterminer la dimension maximale des granulats en fonction de :

- L'espacement des armatures entre lesquelles le béton doit passer.
- L'épaisseur d'enrobage des armatures
- Forme du coffrage

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

Ce paramètre dépend surtout de l'épaisseur des éléments et des écartements entre armatures. Le but est d'assurer un bon coulage du béton dans le coffrage sans qu'il soit gêné ou empêché par les gros granulats qui viendraient bloquer le passage du béton.

Le tableau suivant montre les règles à suivre pour la dimension des gros grains :

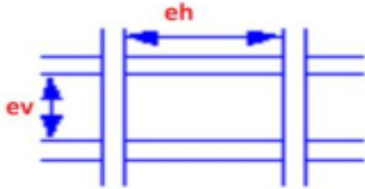
CARACTERISTIQUES DE LA PIECE A BETONNER	D_{max}
eh : espacement horizontal entre armatures	$\leq eh / 1,5$
ev : espacement vertical entre armatures	$\leq ev$
c : distance des armatures au coffrage : (Enrobages des armatures)	$< c$
r : rayon moyen du ferrailage :	
* granulats roulés	$\leq 1,4 r$
* granulats concassés	$\leq 1,2 r$
 $r = \frac{eh \times ev}{2 (eh + ev)}$ Granulats roulés Granulats concassés	
hm: hauteur ou épaisseur minimale	$\leq hm / 5$

Tableau : Détermination de D_{max} en fonction du ferrailage et de l'enrobage.

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

On fait l'essai de l'analyse granulométrie :

Données de base

Tableau des analyses granulométriques des granulats

Tamis (mm)	Module Tamis	Tamisât en (%)			
		Sable S (0-4)	Gravillons G1 (4-8)	Gravier G2 (8-16)	Gravier G3 (16-25)
31.5	46				100
25	45				98
20	44				75
16	41			100	23
12.5	42			99	5
10	43			86	0
8	40		100	31	
6.3	39		77	13	
5	38	100	58	4	
4	37	99	11	0	
2	34	85	0		
1	31	72			
0.5	28	52			
0.25	25	38			
0.125	22	5			
0.08	20	0			

REFUS (%) = 100 - TAMISA (%)

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés en \% des tamis} \{0.125 - 0.25 - 0.50 - 1 - 2 - 4\}$$

AN : $MF = (95+62+48+28+15+1)/100 = 249/100 = 2.49$

MF= 2.49

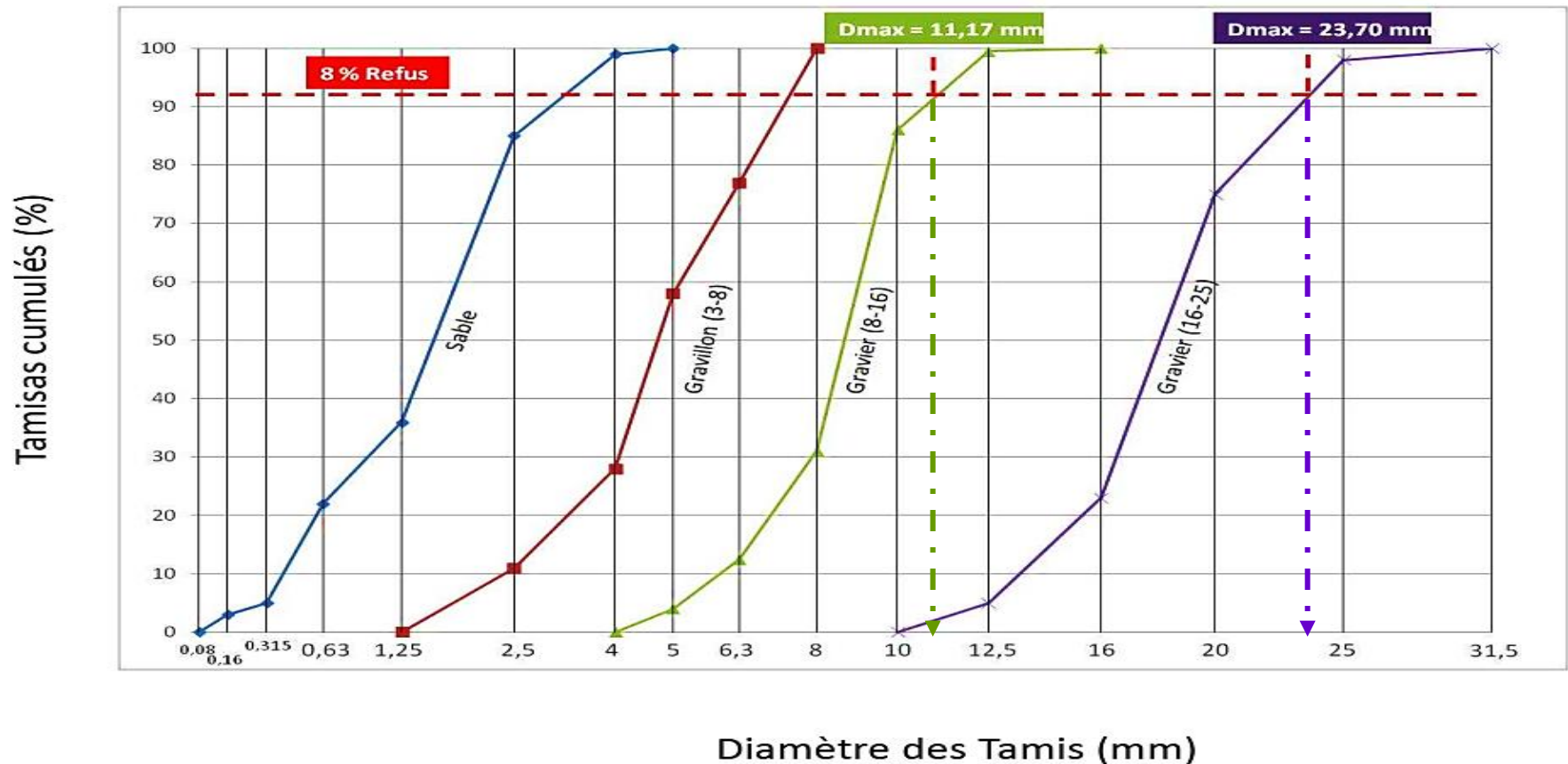
N/B:

- **REFUS** sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis;
- **REFUS CUMULÉ**: représente tous les quantités de matériaux retenues jusqu'au tamis considère;
- **TAMISAT** (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

CALCUL DU MODULE DE FINESSE DU SABLE

• Norme Européenne [EN 12620]

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

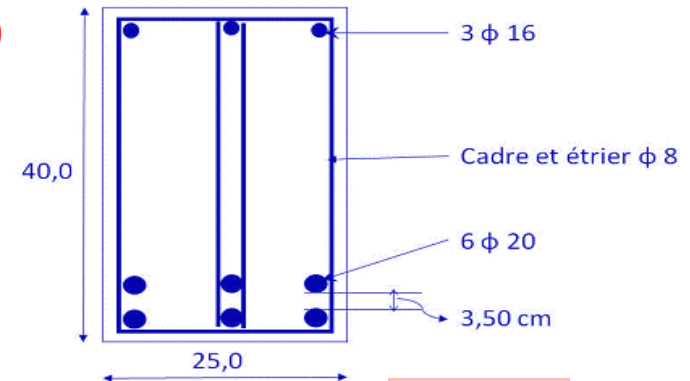


Dimension maximale « D_{max} » des granulats :

Dans l'application de la méthode Dreux-Gorisse, la valeur retenue D_{max} sera telle que le refus sur le tamis correspondant soit la plus proche de 8 %.

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

Ferraillage de la pièce à bétonner (exemple une poutre)



Dmax (Gravier)		G2 (mm)	G3 (mm)
$e_h = [\text{largeur de la poutre} - [(\text{Nombre de barres d'un lits de diamètre maximal d'armatures longitudinales} \times \phi_{l_{\max}}) + (\text{le nombre de brin} \times \phi_t) + (2 \times \text{enrobage des armatures})] / 2 =$ $e_h = [250 - [(3 \times 20) + (4 \times 8) + (2 \times 25)]] / 2 =$ $e_h = (250 - (60 + 32 + 50)) / 2 = 108 / 2 = 54 \text{ mm}$	$\leq e_h / 1,5 = 54 / 1,5 = 36 \text{ mm}$	11,2	24
$e_v = 35 \text{ mm}$	$\leq e_v = 35 \text{ mm}$	11,2	24
$C = 25 \text{ mm}$	$< C = 25 \text{ mm}$	11,2	24
$r = (e_h \cdot e_v) / 2(e_h + e_v) = (54 \times 35) / 2(54 + 35) = 1890 / 178 = 10,6 \text{ mm}$	$\leq 1,2 r =$ $10,6 \times 1,2 = 12,7 \text{ mm}$	11,2	24
$h_m = 25 \text{ cm}$	$\leq h_m / 5 = 250 / 5 = 50 \text{ mm}$	11,2	24

Le gravier « G3 » (16/25) ne peut pas être utiliser pour la composition du béton de cette pièce en B.A (**G3 > 1,2r** **donc à écarter**) risque élevé de problèmes de compacité du béton (vide) et mauvaise ouvrabilité.

➤ le gravier G3 est rejeté

➤ On utilisera le gravillon G1 (3/8) et le gravier G2 (8/16) donc on prend :

La dimension maximale des granulats : **Dmax « G2 » = Dmax = 11,2 mm.**

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

III.3 Détermination de la résistance moyenne du béton (**Résistance visée**) " σ'_{28} " :

La valeur généralement spécifiée est la résistance caractéristique à 28 jours " f_{c28} "

On fixe en premier lieu une résistance caractéristique " f_{c28} " choisie en fonction de l'importance de l'ouvrage à réaliser, $f_{c28}=30\text{MPa}$.

Par sécurité, la résistance visée est majorée de 15% par rapport à la résistance minimale en compression f_{c28} nécessaire à la stabilité de l'ouvrage. Ainsi, la résistance visée est obtenue comme suit:

$$\sigma'_{28} = 1,15 \times f_{c28}$$

$$\sigma'_{28} = 1,15 \times 30 = 34,5 \text{ MPa}$$

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

III.4 Consistance désirée:

On prend comme valeur de référence l'affaissement au cône d'Abrams **A=7cm**

Le choix de l'ouvrabilité (la consistance) dépend du mode de mise en place, de la densité du ferrailage, en fonction de la nature de l'ouvrage, de dimension et des moyens de vibrations que l'on possède .(tableau ci-dessous)

Les caractéristiques propres du béton sont appréciées par sa consistance mesurée par l'affaissement au cône d'**ABRAMS**

Classe de consistance	Plasticité	Serrage	Affaissement (cm)
S1	Ferme	Bonne vibration	1 -4
S2	Plastique	Vibration courante	5 – 9
S3	Très Plastique	Piquage	10 –15
S4	Fluide	Léger piquage	16 – 21
S5	Béton Auto Nivelant (BAN)	--	> 22



A=7 cm

Tableau : Valeurs usuelles de l'ouvrabilité mesurée au cône d'Abrams (Consistance).

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

III.5 Détermination le rapport C/E (Dosages en ciment et en eau) :

On évalue le rapport C/E qui est le rapport entre la quantité de ciment et celle de l'eau par un (1) m^3 de béton, ce rapport se déduit à partir de la formule de **BOLOMEY** en fonction de la résistance moyenne demandée (Résistance visée):

$$\sigma'_{28} = G \cdot \sigma'_c \cdot \left(\frac{C}{E} - 0,5 \right)$$

$$\frac{C}{E} = \left(\frac{\sigma'_{28}}{G \cdot \sigma'_c} \right) + 0,5$$

σ'_{28} : Résistance moyenne en compression désirée à 28 j en bars.

σ'_c : Classe vraie du ciment à 28 j en bars.

Ce que l'on désigne par la classe vraie de ciment est sa résistance vraie, alors que sa dénomination normalisée spécifiée sur le sac de ciment, le ciment utilisé pour notre TP est de **CEM I 32,5** veut dire que la résistance minimale de ce ciment est supérieure à 325 bars. On adopte cela pour des raisons de sécurité.

CEM I: indique que le ciment est ciment portland pur constitué d'au moins 95% de clinker.

CEM I 32,5

Dénomination normalisée	32,5 MPa	42,5 MPa	52,5 MPa
Classe vraie du ciment à 28 jours σ'_c	45 MPa	55 MPa	> 60 MPa

Tableau: Correspondance entre classe vraie et dénomination normalisée des ciments.

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

C: Dosage en ciment (en kg/m^3)

G: Coefficient granulaire dont les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous. suivant en fonction de la qualité des granulats et de la dimension maximale des grains D.

E: Dosage en eau sur matériaux secs (en litres pour 1 m^3 de béton)

Les valeurs du tableau supposent que le serrage sera effectué dans de bonnes conditions (**par vibration en principe**).

$D_{max} = 11,2 \text{ mm}$

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	Fins ($D \leq 16 \text{ mm}$)	Moyen ($25 \leq D \leq 40 \text{ mm}$)	Gros $D \geq 63 \text{ mm}$
Excellente	0.55	0.60	0.65
Bonne, courante	0.45	0.50	0.55
Passable	0.35	0.40	0.45

Tableau: Coefficient granulaire *G* en fonction de la qualité et de la taille maximale des granulats D_{max} .

$$C/E = \left(\frac{\sigma'_{28}}{G \cdot \sigma'_c} \right) + 0,5 = \left(\frac{34,5}{0,45 \times 45} \right) + 0,5$$

C/E=2,2

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

III.6 Détermination du dosage en ciment C :

Après avoir trouvé le rapport C/E à partir de la formule de BOLOMEY, la valeur de C est déterminée grâce à l'abaque au-dessous en fonction des valeurs de C/E et de l'ouvrabilité désirée (affaissement $A=7\text{cm}$ au cône d'ABRAMS).

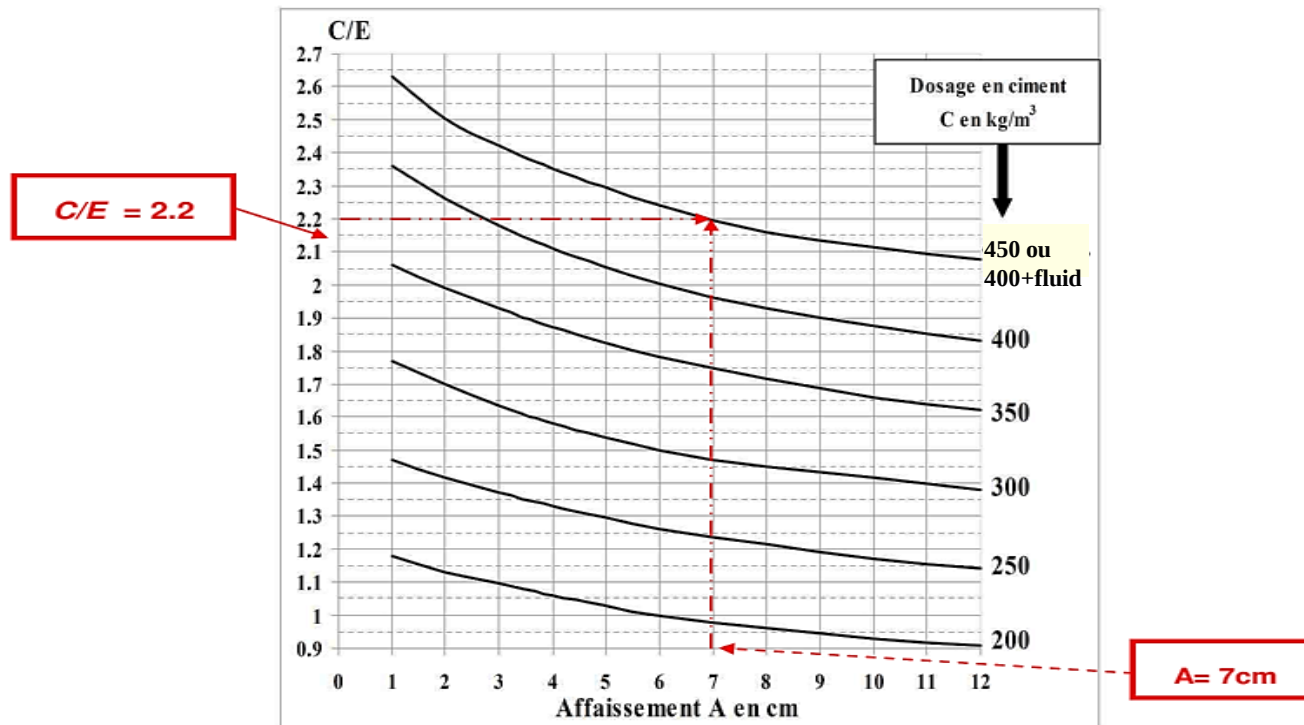


Figure: Abaque permettant d'évaluer approximativement le dosage en ciment à prévoir en fonction du rapport C/E et de l'ouvrabilité désirée. (Affaissement au cône).

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

Alors en déduire à partir de l'abaque que le dosage de ciment, $C=400 \text{ Kg/m}^3$ + fluidifiant ou $C=450 \text{ kg/m}^3$

Mais?

REMARQUE: Un dosage en ciment est souvent imposé par le cahier des charges ou par le cahier des clauses techniques générales. Dans notre cas : $C= 350 \text{ kg/m}^3$.

III.6 Détermination du dosage en eau " E " :

La quantité d'eau E nécessaire à la confection du béton se calcule grâce aux valeurs de C/E et de C .

$$E = C / (C/E)$$

AN : $E= 350/2,2= 159 \text{ l/m}^3$

Correction sur le dosage en eau

Lorsque la dimension maximale des granulats D_{max} est différente de 20 mm, une correction sur la quantité de pâte est nécessaire à l'obtention de la maniabilité souhaitée.

Les corrections sont à apporter sur les quantités d'eau et de ciment (le rapport C/E reste inchangé).

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

Pour tenir compte de la granulométrie, on applique une correction. (Tableau ci-dessous)

AN: $E_c = 159 \times (1+4\%) = 159 \times 1.04 = 165.36 \text{ l/m}^3$

$D_{\max} = 11,2 \text{ mm}$

Correction : 4 %

Dimension maximale des granulats $D_{\max}$ en mm	4	8	12,5	20	31,5	40	80
Correction sur le dosage en eau (%)	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

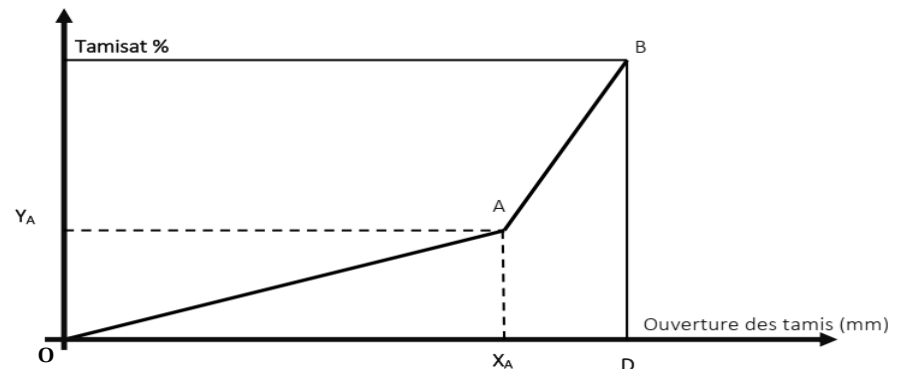
Tableau: Correction en pourcentage sur le dosage en eau en fonction de la dimension maximale des granulats.

III.7 Détermination de la courbe granulométrique de référence :

Dans la méthode de Dreux-Gorisse, on trace d'abord la courbe granulométrique à l'échelle semi-logarithmique qui s'approche d'une courbe granulométrique de référence.

Cette courbe est composée de deux demi-droites qui se rencontrent au point A désigné par le terme point de brisure voir figure ci-dessous. A remarquer que le ciment n'est pas inclus dans cette courbe.

Figure: Courbe granulométrique de référence.



TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

Sur le graphique d'analyse granulométrique, on trace une composition granulaire de référence OAB

$$D_{max} = 11,2 \text{ mm}$$

- **Point O** : abscisse (x) : 0 ordonnée (y) : 0
- **Point B** : abscisse (x) : $D=D_{max}$ ordonnée (y): 100%
- **Point A** : ses coordonnées sont définies de la manière suivante:
 - ✓ abscisse $X_A = D_{max}/2$ si $D_{max} \leq 20 \text{ mm}$.
 - ✓ abscisse X_A : abscisse située au milieu du segment limité par le module $X_{f=38}$ (tamis $D = 5\text{mm}$) et le module correspondant à D_{max} (avec : Module = $10 \log_{10}(D_{max}) + 1$; où D_{max} est exprimé en μm), $X_A = \frac{X_1 + X_2}{2}$, si $D_{max} > 20 \text{ mm}$.
 - ✓ ordonnée: $Y_A = 50 - \sqrt{D} + K + K_S + K_p$, (D est exprimé en mm) , Où K : terme correcteur qui dépend du dosage en ciment, de l'efficacité de la vibration (du serrage) et de la forme des granulats (roulé ou concassé)

Vibration		Faible		Normale		Puissante	
Forme des granulats (du sable en particulier)		Roulé	Concassé	Roulé	Concassé	Roulé	Concassé
Dosage en Ciment	400 + Fluid	- 2	0	- 4	- 2	- 6	- 4
	400	0	+ 2	- 2	0	- 4	- 2
	350	+ 2	+ 4	0	+ 2	- 2	0
	300	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4	0	+ 2
	250	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6	+ 2	+ 4
	200	+ 8	+ 10	+ 6	+ 8	+ 4	+ 6

Tableau : Valeur du terme correcteur K en fonction du dosage en ciment, de la puissance de la vibration et de la forme des granulats.

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

Notation 1 : Correction supplémentaire K_s :

Si le module de finesse du sable est fort (sable grossier), une correction supplémentaire sera apportée de façon à relever le point A, ce qui correspond à majorer le dosage en sable et vice versa. La correction supplémentaire (sur K) peut être effectuée en ajoutant la valeur $K_s = 6Mf - 15$ (Mf étant le module de finesse du sable qui peut varier de 2 à 3 avec une valeur optimale de l'ordre de 2,5 pour laquelle la correction préconisée est alors nulle)

Notation 2 : Correction supplémentaire K_p :

Si la qualité du béton est précisée «pompable», il conviendra de conférer au béton le maximum de plasticité et de l'enrichir en sable par rapport à un béton de qualité «courante ». On pourra cela majorer le terme correcteur K de la valeur K, (à+5, à+10 environ) , selon le degré de la plasticité désirée.

- Correction sur K_s : si $Mf \neq 2,5$; $K_s = 6Mf - 15$.
- Correction sur K_p pour béton pompé : $K_p = K + (5 \div 10)$; $K + 5$ à 10 .

Donc: $K = +2$;

$$Mf = 2,49 \neq 2,5 \quad K_s = 6Mf - 15 = 6 \times 2,49 - 15 \Rightarrow K_s = -0,06 ;$$

$K_p = 0$ (béton non pompable)

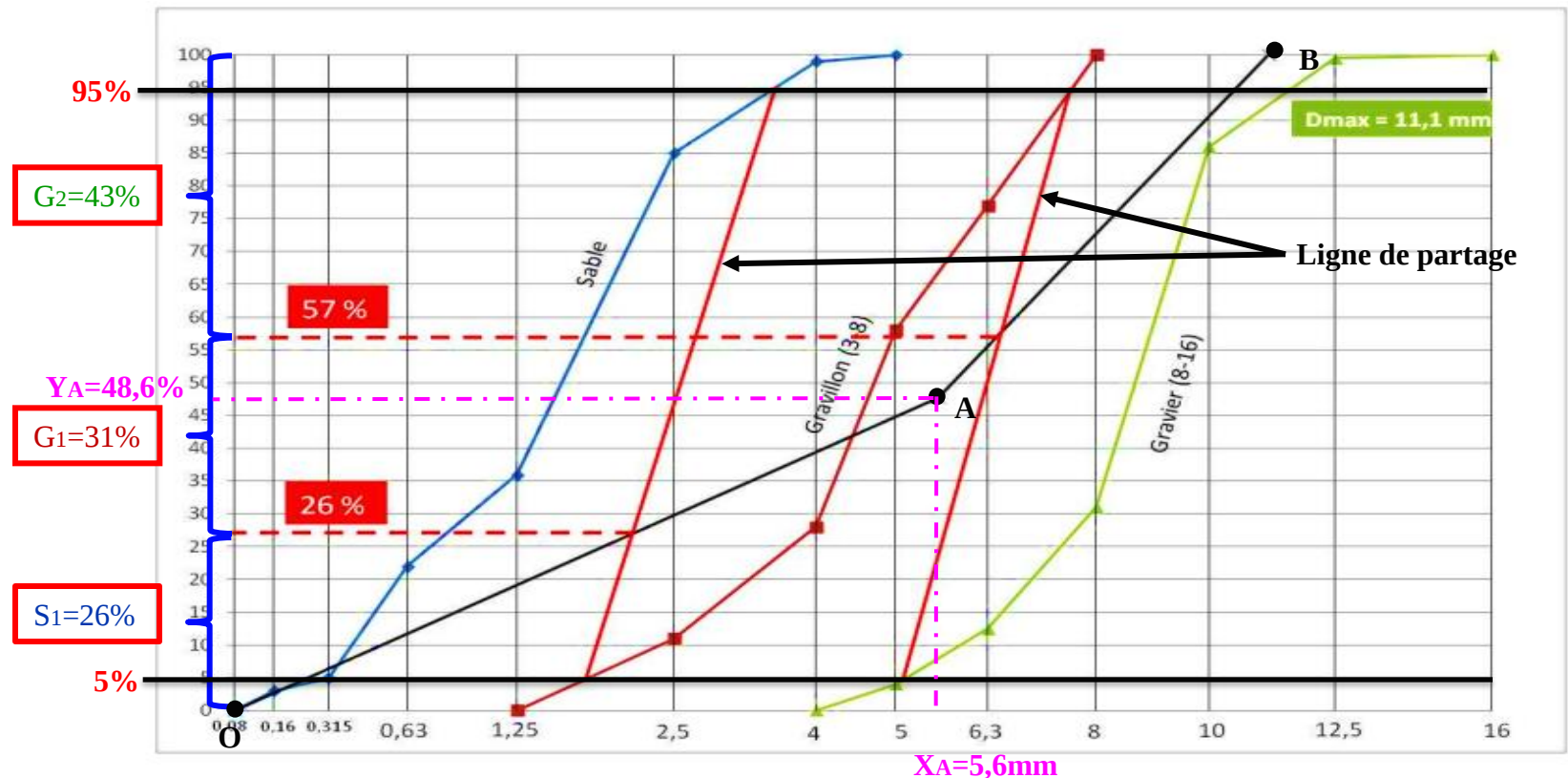
$$\diamond D_{max} = 11,2 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} \Rightarrow X_A = D_{max}/2 = 11,2/2 \Rightarrow X_A = 5,6 \text{ mm}$$

$$\diamond Y_A = 50 - \sqrt{D} + K + K_s + K_p = 50 - \sqrt{11,2} + 2 - 0,06 + 0 \Rightarrow Y_A = 48,6 \%$$

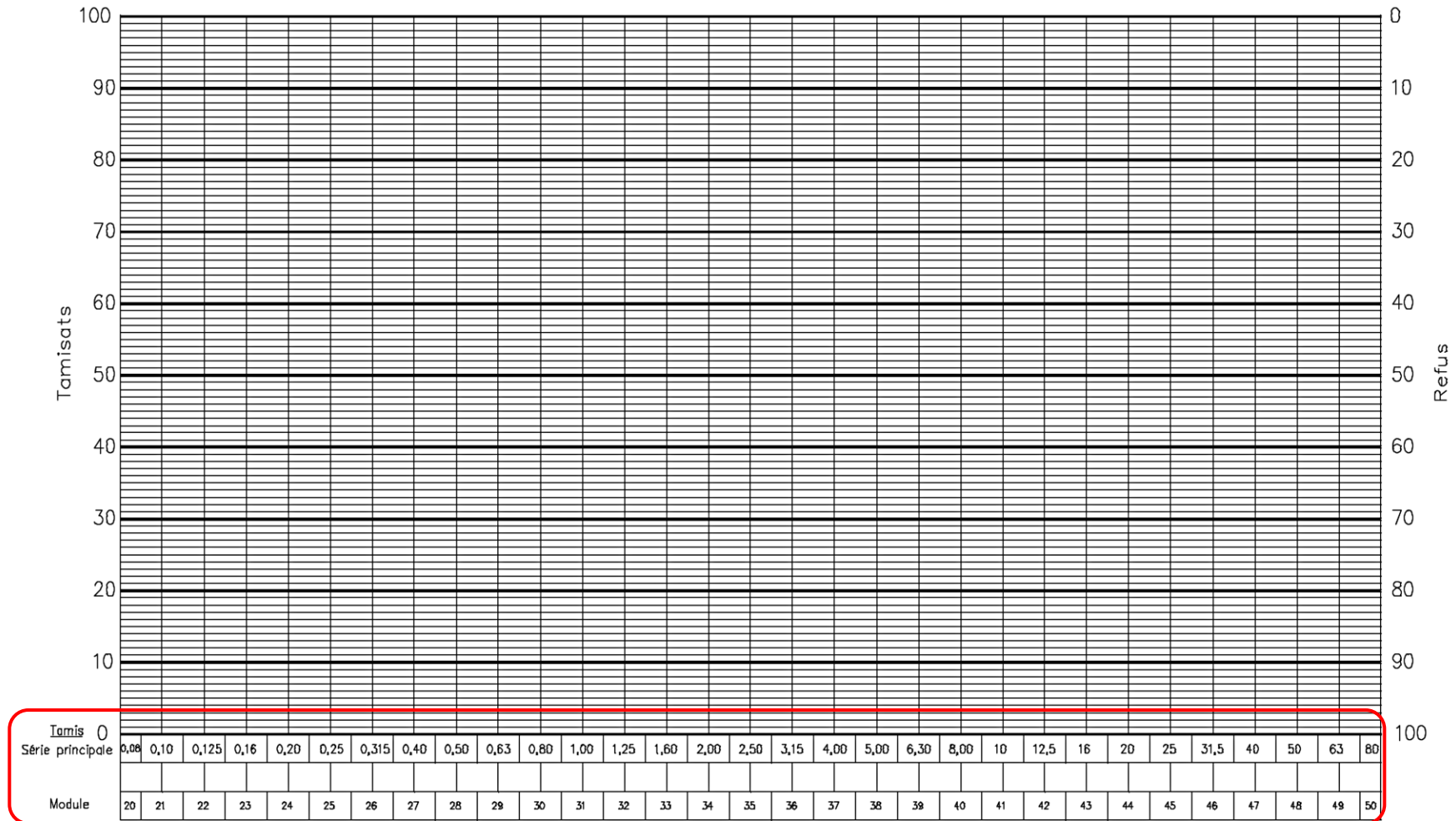
TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

III. 8 Détermination en pourcentage des différents :

On trace une **ligne de partage** joignant le point correspondant à **95 % des granulats fins** au point correspondant à **5 % des gros granulats**. On lit alors sur la courbe de référence, au point de croisement avec la droite de partage, les pourcentages en volume absolu de chacun des granulats.



TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.



TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

A partir de la courbe de référence on obtient :

Un mélange de 26% de sable et 74% de gravier (31% de Gravier (3/8), 43% de Gravier (8/16)).

III.9 Détermination du volume des matériaux secs en $1m^3$:

1. Détermination du volume absolu "V_C" du ciment:

$$V_C = C / \rho_C$$

Où : V_C : volume absolu de ciment en m^3

C : masse de ciment en kg

ρ_C : masse volumique absolue du ciment en $kg/m^3 = 3,1 kg/m^3$

AN : $V_C = 350 / 3,1 = 112,90 l/m^3$

$V_C = 112,90 l/m^3$

2. Détermination du volume absolu "V_G" de granulats:

$$V_G = (1000 * \gamma) - V_C$$

Où : V_G : volume absolu des granulats en m^3

γ : coefficient de compacité de Dreux –Gorisse (Voir le tableau ci-après)

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

Consistance	Serrage	$D_{max} = 11,2 \text{ mm}$ γ coefficient de compacité						
		D = 5	D = 10	D = 12,5	D = 20	D = 31,5	D = 50	D = 80
Molle	Piquage	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Vibration faible	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Vibration normale	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastique	Piquage	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Vibration faible	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Vibration normale	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	Vibration puissante	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Ferme	Vibration faible	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Vibration normale	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	Vibration puissante	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

NOTA : Ces valeurs sont convenables pour des granulats roulés sinon, il conviendra d'apporter les corrections suivantes :

- sable roulé et gravier concassé - 0,01
- sable et gravier concassé - 0,03

$$\gamma = 0,815 - 0,03 = 0,785$$

Pour un dosage en ciment $C \neq 350 \text{ KN/m}^3$, on apportera le terme correctif suivant : $\frac{C - 350}{3000}$

Tableau : Valeurs du coefficient de compacité (γ)

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

$$V_G = (1000 \times \gamma) - V_C$$

$$V_G = (1000 \times 0,785) - 112,90 = 672,10 \text{ l/m}^3$$

$$V_G = 672,10 \text{ l/m}^3$$

Donc en définitive , et à partir du volume absolu des granulats on pourra déterminer les volumes absolus de sable, de gravier Gravillon (3/8), Gravier (8/16).

3. Détermination du volume absolu " V_S " du sable:

$$V_S = \text{Sable\%} \times V_G = (26/100) \times 672,10 = 174,74 \text{ l/m}^3$$

$$V_S = 174,74 \text{ l/m}^3$$

4. Détermination du volume absolu " $V_{G(3/8)}$ " du gravillon (3/8):

$$V_{G(3/8)} = \text{Gravillon (3/8)\%} \times V_G = (31/100) \times 672,10 = 208,35 \text{ l/m}^3$$

$$V_{G(3/8)} = 208,35 \text{ l/m}^3$$

5. Détermination du volume absolu " $V_{G(8/16)}$ " du gravier (8/16):

$$V_{G(8/16)} = \text{Gravier (8/16)\%} \times V_G = (43/100) \times 672,10 = 289 \text{ l/m}^3$$

$$V_{G(8/16)} = 289 \text{ l/m}^3$$

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

III.10 Détermination du dosage en matériaux (de la composition pondérale en kg) pour $1m^3$ de béton:

1.Masse de ciment : C

$$\mathbf{M_C = 350 \text{ kg/1m}^3}$$

2.Masse d'eau : E (correspond au volume en m^3):

$$\mathbf{M_E = 165,36 \text{ kg/1m}^3}$$

3.Masse de sable :

$\mathbf{M_S = V_S \times \rho_S}$,avec: ρ_S : masse volumique absolue du sable en $kg/m^3 = 2,65 \text{ kg/m}^3$

$$\mathbf{M_S = V_S \times \rho_S = 174,74 \times 2,65 = 463,06 \text{ kg/m}^3}$$

$$\mathbf{M_S = 463,06 \text{ kg/1m}^3}$$

4.Masse de gravillon (3/8):

$$\mathbf{M_{G(3/8)} = V_{G(3/8)} \times \rho_{G(3/8)}}$$

avec: $\rho_{G(3/8)}$: masse volumique absolue du gravillon (3/8)en $kg/m^3 = 2,60 \text{ kg/m}^3$

$$\mathbf{M_{G(3/8)} = V_{G(3/8)} \times \rho_{G(3/8)} = 208,35 \times 2,60 = 541,71 \text{ kg/1m}^3}$$

$$\mathbf{M_{G(3/8)} = 541,71 \text{ kg/1m}^3}$$

5.Masse de gravier (8/16):

$$\mathbf{M_{G(8/16)} = V_{G(8/16)} \times \rho_{G(8/16)}}$$

avec: $\rho_{G(8/16)}$: masse volumique absolue du gravillon (8/16)en $kg/m^3 = 2,55 \text{ kg/m}^3$

$$\mathbf{M_{G(8/16)} = V_{G(8/16)} \times \rho_{G(8/16)} = 289 \times 2,55 = 736,35 \text{ kg/1m}^3}$$

$$\mathbf{M_{G(8/16)} = 736,95 \text{ kg/1m}^3}$$

TP N° 06: Utilisation de la méthode de Dreux-Gorisse pour la détermination de la composition du béton.

CONCLUSION:

Enfin en conclure que les formulations de béton avec sa méthode de Dreux-Gorisse si un méthode qui donne les quantités nécessaire de matériaux (S, G, C et E) pour 1 m^3 de béton et notre maniabilité détermine par l'essai de consistance qui donne le type de utilisation (ouvrage) par sa classe de consistance qui variera à leur fonction du dosage de notre béton et aussi on détermine la résistance souhaité avec l'essai de l'écrasement.