

Université d'Artois

Licence 3 Génie Civil

Année 2013 - 2014

Travaux Pratiques de Matériaux

Responsables : E. WIRQUIN – J. PAN

TP1 - Analyse granulométrique par tamisage (EN 933-1 et 933-2)

1. Objet.

↳ Détermination de la granularité des granulats dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 16 mm.

2. Principe de l'essai.

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. La dimension des mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.

Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse finale de matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

3. Préparation de l'échantillon pour l'essai.

La masse M de l'échantillon pour l'essai doit être supérieure à $D^2/100$ avec M exprimée en kilogrammes et D diamètre du plus gros granulat en millimètres.

- Pour le sable, prendre une masse d'échantillon de 1000 grammes environ.
- Pour le gravillon, prendre une masse d'échantillon de 1500 grammes environ.

4. Tamisage.

Verser le matériau dans la colonne de tamis. Cette colonne est constituée par l'emboîtement des tamis, en les classant de haut en bas dans l'ordre des mailles décroissantes.

Agiter mécaniquement et manuellement cette colonne, puis reprendre un à un les tamis en commençant par celui qui a la plus grande ouverture en ajoutant un fond. On agite chaque tamis en donnant à la main des coups réguliers sur la monture. D'une manière générale, on peut considérer qu'un tamisage est terminé lorsque le refus sur un tamis ne se modifie pas plus de 1% en une minute de tamisage.

Verser le tamisat recueilli dans le fond sur le tamis immédiatement inférieur.

5. Pesées.

Peser le refus du tamis ayant la plus grande maille. Soit R_1 la masse de ce refus.

Reprendre la même opération avec le tamis immédiatement inférieur ; ajouter le refus obtenu à R_1 et peser l'ensemble. Soit R_2 la masse des deux refus cumulés.

Poursuivre la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus cumulés R_3, \dots, R_n .

Peser le tamisat présent sur le fond de la colonne de tamis. Soit T_n sa masse.

Si après l'essai, les résultats montrent qu'un (ou plusieurs) tamis a (ont) été surchargé (s), l'essai doit être refait manuellement à partir de ce tamis.

La somme des masses R_n et T_n ne doit pas différer de plus de 2% de la masse M .

6. Expression des résultats.

Les résultats des différentes pesées cumulées sont portés sur la feuille d'essai jointe.

Les masses des différents refus cumulés R_i , sont rapportées à la masse totale de l'échantillon pour l'essai. Calculez enfin les pourcentages des tamisats cumulés.

Travail demandé.

1°) Effectuer l'analyse granulométrique du sable et du gravillon.

Tracer les courbes granulaires sur le papier granulométrique qui vous sera distribué.

2°) Vos courbes granulométriques sont-elles continues ou discontinues ? Expliquer.

3°) Définir les classes granulaires du sable et du gravillon.

4°) Calculer le module de finesse du sable.

A quelle catégorie appartient-il ?

Le sable utilisé est-il un bon sable à béton ?

5°) Le gravillon est-il un matériau propre ?

6°) Déterminer le mélange optimum de vos granulats selon la méthode de DREUX – GORISSE modifiée.

7°) Tracer la courbe représentative du mélange.

8°) Mélanger le sable et le gravillon dans les proportions optimales (prendre une masse totale de 2000 g environ) et effectuer une analyse granulométrique.

⇒ Tracer la courbe granulaire et la comparer avec la courbe théorique représentative du mélange et la courbe de référence.

9°) Qu'est ce qu'un bon béton au niveau granulométrique et comment obtenir un béton de résistance mécanique élevée ?

Tracer les courbes granulométriques sur le photocopié, vous en aurez besoin pour le TP 3.

Tracé de la courbe granulaire de référence selon la méthode de DREUX –GORISSE modifiée

La composition granulométrique optimale est représentée par une ligne brisée OAB.

✓ Le point B (à l'ordonnée 100% de tamisat) correspond à la dimension D du plus gros granulat.

✓ Le point A a les coordonnées ainsi définies :

- En abscisse : $D/2$,

- En ordonnée :

$$y_A = 50 - \sqrt{D} + K$$

K est un terme correcteur qui vaut :

- K = 0 si les gravillons sont roulés
- K = 3 si les gravillons sont concassés
- K = 5 si le béton est destiné à réaliser un élément en BA pour lequel le taux de ferrailage est au plus égal à $80 \text{ kg} / \text{m}^3$
- K = 10 si le béton est destiné à réaliser un élément en BA pour lequel le taux de ferrailage est supérieur à $80 \text{ kg} / \text{m}^3$ ou si le béton est destiné à être pompé. Cette valeur peut être également utilisée dans le cas des BAP.

Dans tous les cas, c'est la valeur de K la plus élevée qui doit être retenue.

Détermination des pourcentages de sable et de gravillon

⇒ s est le point sur la courbe du sable correspondant à un tamisat de 95%,

⇒ g est celui sur la courbe du gravillon correspondant à un tamisat de 5%.

La droite qui joint ces deux points (s et g) coupe la courbe de référence à une ordonnée qui correspond aux % respectifs de sable et de gravillon à utiliser pour le mélange.

Détermination des classes granulaires

Dans l'application de la méthode de Dreux-Gorisse, la valeur de D retenue est telle que le refus sur le tamis correspondant soit le plus proche possible de 8%.

De la même manière, la valeur de d est telle que le tamisat sur le tamis correspondant soit le plus proche possible de 8%.

Les normes européennes demandent que les dimensions d et D définissant les classes granulaires soient telles qu'elles appartiennent à une des colonnes (et une seule) du tableau 1 (prendre plutôt la série 2).

Tableau 1 — Dimensions de tamis pour la spécification des classes granulaires

Série de base mm	Série de base + série 1 mm	Série de base + série 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
—	5,6 (5)	—
—	—	6,3 (6)
8	8	8
—	—	10
—	11,2 (11)	—
—	—	12,5 (12)
—	—	14
16	16	16
—	—	20
—	22,4 (22)	—
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
—	—	40
—	45	—
63	63	63

NOTE Les dimensions arrondies entre parenthèses peuvent être utilisées pour décrire les classes granulaires de manière simplifiée.

Détermination du module de finesse.

$$FM = \frac{1}{100} \sum refus(\%)$$

Refus sur les tamis suivants : 0,125 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4

Tableau B.2 — Grosseur ou finesse du sable mesurée à partir du module de finesse

Module de finesse		
CF	MF	FF
4,0 à 2,4	2,8 à 1,5	2,1 à 0,6

TP 2 - Mesure des masses volumiques du sable (EN 1097-6)

1. Objet.

↳ Détermination des masses volumiques absolue ρ_{abs} et apparente ρ_{app} du sable.

2. La masse volumique absolue.

Cet essai est réalisé à l'aide d'un **pycnomètre** de 1 litre.

La masse de l'échantillon doit être d'environ 200 grammes.

Remplir le pycnomètre à moitié d'eau, introduire le sable et veiller à ce qu'il ne reste pas de bulles d'air. Remplir ensuite le pycnomètre jusqu'au repère.

Cet essai est simple et de bonne précision, mais nécessite beaucoup de soin.

Refaire l'essai trois fois et prendre comme masse volumique absolue du sable la moyenne des trois valeurs.

3. La masse volumique apparente.

Cet essai est un peu délicat car il y a influence du tassement, donc il faut refaire l'essai plusieurs fois. Faire la moyenne des valeurs obtenues. Plus vous aurez fait d'essais, plus votre moyenne sera représentative.

Il s'agit de prendre le sable des deux mains en formant un entonnoir. Placer les mains à dix centimètres environ du bac de mesure. Faire tomber le sable, ni trop vite, ni trop lentement, jusqu'à débordement du matériau du bac. Araser à la règle et peser le contenu.

Refaire l'essai trois fois et prendre comme masse volumique apparente du sable la moyenne de trois valeurs.

TP 2 - Mesure des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption d'eau et de la propreté du gravillon

1. Objet.

↳ Détermination des masses volumiques absolue ρ_{abs} et apparente ρ_{app} du gravillon, de sa propreté, de son coefficient d'absorption d'eau A_b et de sa porosité p .

2. La masse volumique apparente (on procède comme pour le sable).

3. La masse volumique absolue, le coefficient d'absorption d'eau et la porosité.

L'échantillon utilisé doit être supérieur à 4 mm.

Peser l'échantillon (environ 500 g) dans un bécher, y rajouter de l'eau et le placer dans la cloche à vide.

Faire un vide d'environ 76 mm de mercure.

Laisser le vide environ 2 heures. Revenir lentement à la pression atmosphérique.

Peser l'échantillon dans l'eau à 20 °C : **pesée hydrostatique.**

Essuyer superficiellement l'échantillon et le peser.

Travail demandé.

1°) Déterminer les masses volumiques absolue et apparente du sable.

2°) Lors de l'élaboration d'un béton, doit-on utiliser la masse volumique absolue du sable ou la masse volumique apparente ? Expliquer

3°) Comment peut-on classer le sable utilisé ?

4°) Déterminer les masses volumiques absolue et apparente du gravillon.

5°) Mesurer la propreté du gravillon utilisé (prendre environ 700 g de matériaux).

6°) Déterminer le coefficient d'absorption d'eau A_b du gravillon.

7°) Déterminer la porosité du gravillon.

8°) A partir des valeurs obtenues (A_b , propreté), dans quelle catégorie peut on classer le gravillon ? Est-il un bon gravillon à béton ?

9°) Expliquer l'influence de la porosité sur la résistance et la durabilité des matériaux.

Notez les valeurs trouvées pour les masses volumiques absolues, vous en aurez besoin au TP 3.

TP 3 - Composition des bétons selon la méthode C.E.S.

1. Objet.

↳ Formuler un béton ordinaire selon la méthode de composition C.E.S.

2. Données de base.

- La résistance à la compression désirée à 28 jours (f_{c28}).
- L'ouvrabilité désirée lors de la mise en oeuvre.
- Les caractéristiques des granulats (obtenues dans le TP1 analyse granulométrique et le TP2 masses volumiques du sable et du gravillon).
- Le ciment utilisé est un CEM II/B-M (S-LL) 32.5 R CP1 (prendre comme classe vraie la valeur mesurée sur mortier normal $\sigma_{c28} = 40$ MPa ainsi que $\rho_c = 3.05$ kg/l).
- Le béton est destiné à une structure en BA exposée aux intempéries (voile extérieur).

TP 3 - Confection des bétons (EN 12390)

1. Objet.

↳ Confectionner des éprouvettes cylindriques 16 x 32 cm en béton.

2. Malaxage du béton.

Les constituants sont introduits dans l'ordre suivant : gravillon, liant, sable.
Le mélange anhydre est malaxé 30 secondes. Puis, ajouter l'eau de gâchage et malaxer 90 secondes.

3. Essais sur le béton frais.

3.1. Affaissement au cône d'Abrams (EN 12350-2).

Humidifier la surface d'appui et y assujettir le moule dont la paroi intérieure, bien propre, aura été légèrement huilée.

Au moyen d'une main écope, introduire le béton dans le moule en trois couches, chacune ayant une hauteur égale au tiers de la hauteur du cône.

Piquer chaque couche 25 fois, avec la tige de piquage, en répartissant les enfoncements uniformément sur la surface du béton et en faisant pénétrer la tige dans la couche sous-jacente s'il y a lieu.

A la dernière couche au cours du compactage, ajouter le béton nécessaire pour que le moule soit juste rempli à ras bord.

Araser en roulant la tige de piquage sur le bord supérieur du moule. Eviter pendant cette opération un compactage supplémentaire du béton.

Démouler immédiatement en soulevant le moule avec précaution, lentement, à la verticale et sans secousses.

Procéder dans la minute à la lecture de l'affaissement, en mesurant le point le plus haut A du béton affaissé.

Si on constate un éboulement ou un cisaillement partiel du béton, recommencer l'essai.

En fonction de l'affaissement au cône d'Abrams obtenu, choisir le mode de mise en place du béton dans les éprouvettes : par aiguille vibrante ($A \leq 9$ cm) ou piquage ($A > 10$ cm).

3.2. Mise en place des éprouvettes (EN 12390-2).

Huiler légèrement les parois latérales et le fond des moules.

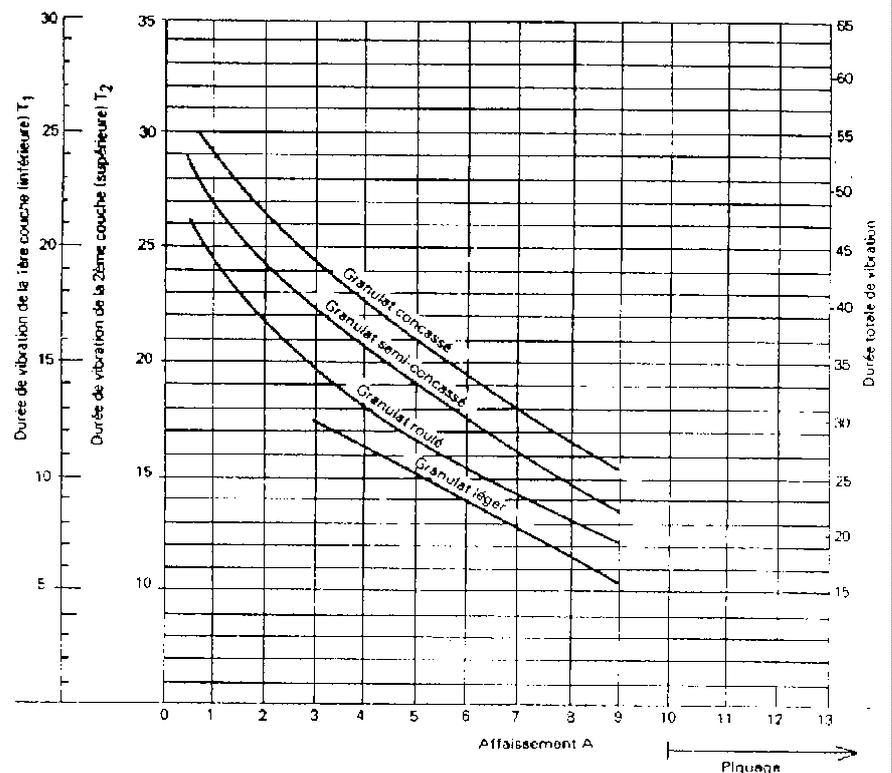
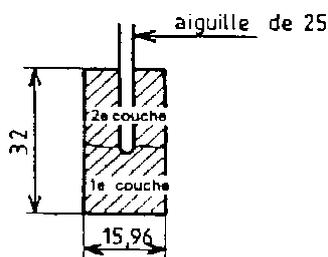
⇒ Par aiguille vibrante (Utilisation de la NF P 18-422 plus complète).

La mise en place du béton dans les moules cylindriques 16 x 32 est effectuée en 2 couches d'égale importance vibrées avec l'aiguille de 25 mm respectivement pendant les durées T1 et T2 définies sur l'abaque ci-dessous.

1^{ère} couche : descendre l'aiguille progressivement en évitant de toucher le fond du moule ; s'en tenir à 1 ou 2 cm. Puis, retirer progressivement l'aiguille de manière à la sortir complètement au bout de la durée T1.

2^{ème} couche : le moule ayant été entièrement rempli de béton, introduire l'aiguille vibrante progressivement en évitant de pénétrer dans la 1^{ère} couche de plus de 1 à 2 cm. Pendant les dernières secondes de la durée T2, retirer l'aiguille comme pour la 1^{ère} couche.

Enfin, procéder à l'arasement des éprouvettes.



Durées de vibration (en secondes) en fonction de l'affaissement A au cône d'Abrams (en centimètres) et de l'angularité du granulat

⇒ **Par piquage.**

Introduire le béton dans le moule en deux couches. Piquer chaque couche 25 fois, avec la tige de piquage, en répartissant les enfoncements uniformément sur la surface du béton et en faisant pénétrer la tige dans la couche sous-jacente s'il y a lieu.

A la dernière couche, au cours du compactage, ajouter le béton nécessaire afin remplir le moule à ras bord.

Procéder à l'arasement des éprouvettes.

3.3. Mesure de la densité réelle du béton frais.

Cet essai s'effectue juste après la mise en place des éprouvettes.

Travail demandé.

1°) Calculer la composition du béton en utilisant la formule de BOLOMEY.

Si vous n'avez pas encore effectué l'analyse granulométrique (TP1), on vous fournira les courbes granulométriques du sable et du gravillon ainsi que les masses volumiques respectives (TP2).

2°) Le dosage en ciment ainsi que le E/C obtenus conviennent ils bien par rapport aux prescriptions de la norme NF EN 206-1 (Tableau n°10 dans le cours) ?

3°) Calculer la densité théorique du béton.

4°) Confectionner 21 litres de béton et mesurer l'affaissement au cône d'Abrams.
Classer le béton en fonction de l'ouvrabilité obtenue.

5°) Avez-vous le bon dosage en eau ?

6°) Mesurer la densité réelle du béton. Le dosage calculé fait-il un mètre cube ?

7°) Donner la correction à apporter si le dosage ne fait pas un mètre cube.

8°) A partir du rapport E/C déterminé et en se reportant à la norme NF EN 206-1 définissant les valeurs limites applicables à la composition des bétons, dans quelles classes d'environnement peut-on utiliser ce béton et pour quels domaines d'utilisation ?

9°) Supposons que les matériaux utilisés possèdent des teneurs en eau égales à 6 % pour le sable et 3 % pour les graviers. Donner la nouvelle composition du béton.

10°) Sensibilité d'une formulation.

La norme NF EN 206-1 demande que les dosages en ciment, en granulats et en eau soient réalisés avec une précision de $\pm 3\%$.

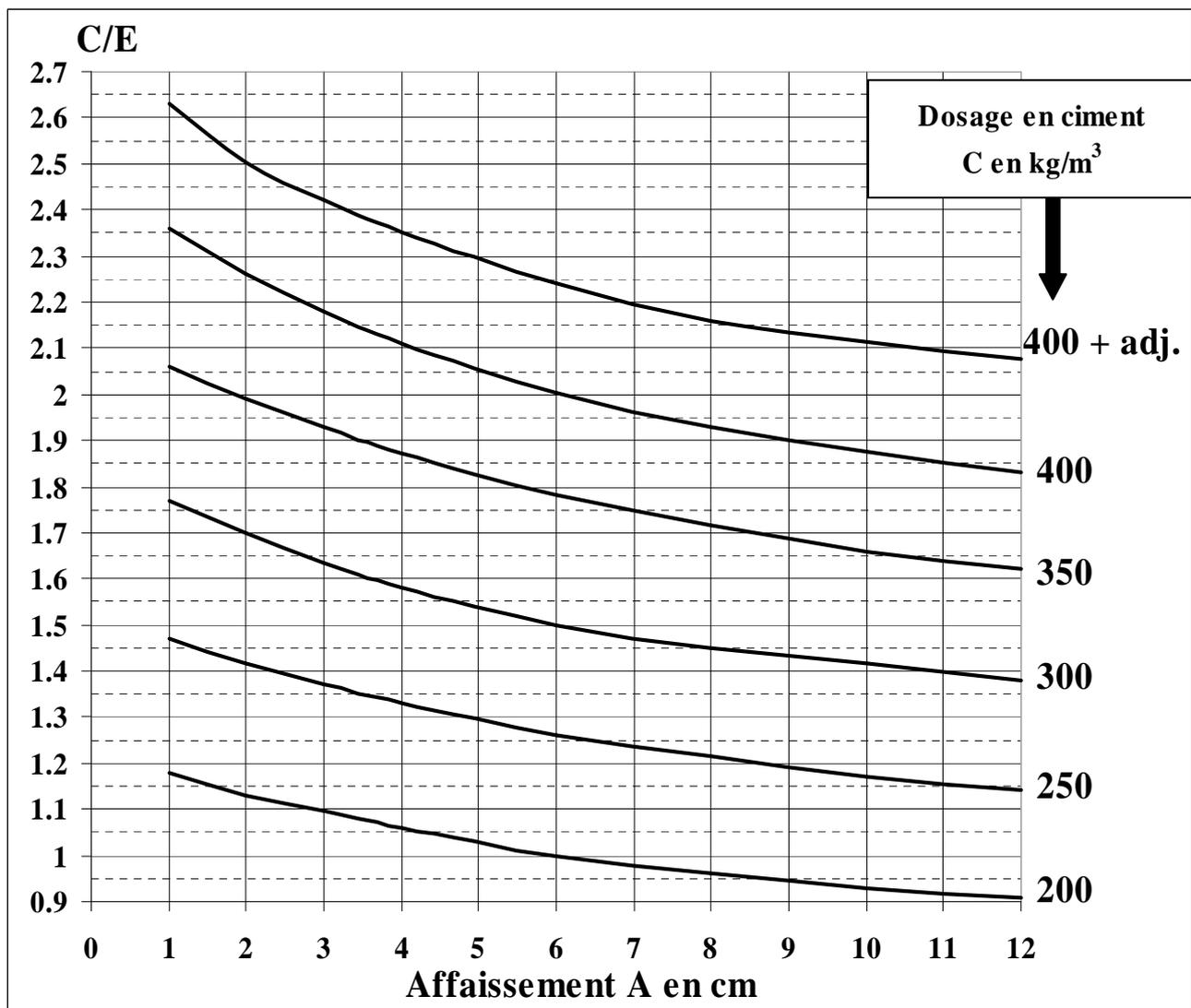
Calculer, à partir de la composition théorique, comment de telles variations de dosages peuvent, dans le **cas le plus défavorable**, influencer sur la résistance.

Le dosage en ciment C (BOLOMEY)

En appliquant la formule de Bolomey : $f_{c28} = G_2 \sigma_{c28} \left(\frac{C}{E} - 0,5 \right)$

Qualité des granulats	Dimension D des granulats		
	D ≤ 12.5 mm	20 ≤ D ≤ 31.5 mm	D ≥ 50 mm
Excellente	0,55	0,60	0,65
Bonne, courante	0,45	0,50	0,55
Passable	0,35	0,40	0,45

Valeurs approximatives de G₂



Abaque permettant d'évaluer approximativement le dosage en ciment à prévoir en fonction du rapport C/E et de l'ouvrabilité désirée

Corrections sur le dosage en eau E

D (mm)	4	8	12.5	20	31.5	50
Correction sur E en %	+15	+9	+4	0	-4	-8

La compacité

γ = volumes absolus des matières solides en litres / 1000

Ouvrabilité	Vibration	γ (Granulats roulés ; C = 350 kg/m ³)					
		D = 4 mm	D = 8 mm	D = 12.5 mm	D = 20 mm	D = 31.5 mm	D = 40 mm
Très Plastique 10 ≤ A ≤ 15 cm	Piquage	0.75	0.78	0.795	0.805	0.81	0.815
	Faible	0.755	0.785	0.8	0.81	0.815	0.82
	Normale	0.76	0.79	0.805	0.815	0.82	0.825
Plastique 5 ≤ A ≤ 9 cm	Piquage	0.765	0.795	0.81	0.82	0.825	0.83
	Faible	0.77	0.8	0.815	0.825	0.83	0.835
	Normale	0.775	0.805	0.82	0.83	0.835	0.84
Ferme 0 ≤ A ≤ 4 cm	Piquage	0.775	0.805	0.82	0.83	0.835	0.84
	Faible	0.78	0.81	0.825	0.835	0.84	0.845
	Normale	0.785	0.815	0.83	0.84	0.845	0.85
Corrections sur γ	- 0.01 (Sable roulé, Gravier concassé)				En fonction du dosage en ciment : (C – 350) / 5000		
	- 0.03 (Sable et Gravier concassé)						

TP 4 - Mesure de la résistance à la compression et du module d'élasticité instantané du béton (EN 12390-3)

1. Objet.

↳ Déterminer la résistance à la compression et le module d'élasticité d'un béton.

2. Epreuves.

Les éprouvettes utilisées sont des cylindres 16 x 32 cm (2 éprouvettes).

3. Détermination de la masse volumique des éprouvettes.

Calculer leur masse volumique, en divisant la masse par le volume correspondant et la comparer à celle déterminée dans le TP précédent.

4. Surfaçage des éprouvettes.

Les surfaces des éprouvettes cylindriques ne sont jamais planes, et pour bien répartir les efforts, les éprouvettes doivent être rectifiées par surfaçage au soufre.

On utilise un mélange de 60% massique de fleur de soufre et 40% de sable fin ($D \leq 0,5$ mm) que l'on chauffe dans un récipient approprié.

Le dispositif de surfaçage est simple à utiliser : huiler le fond de l'appareil, verser une louche de mélange fondu dans la coupelle, descendre aussitôt l'éprouvette sur le mélange tout en appuyant sur les guides pour qu'elle soit verticale, la maintenir quelques instants jusqu'au durcissement du mélange; faire la même opération pour la deuxième face.

5. Conduite de l'essai de compression simple.

Mettre en place et bien centrer l'éprouvette sur le plateau de la presse.

Appliquer la charge de manière continue à une vitesse de 600 kN/mn, jusqu'à la rupture.

Retenir pour charge de rupture la charge maximale enregistrée au cours de l'essai et calculer à 0,5 MPa près, la résistance correspondante f_c en MPa.

$$f_c = \frac{F_{\max}}{S}$$

où F_{\max} est la charge maximale en kN,
et S la section de l'éprouvette.

6. Le module d'élasticité instantané du béton.

Sur une des trois éprouvettes, nous allons mesurer le module d'élasticité instantané du béton à l'aide d'un extensomètre à béton.

Les trois capteurs de l'extensomètre vont nous permettre de suivre l'évolution de la déformation longitudinale de l'éprouvette sur une base de mesure de 11 cm.

Nous déterminons le module d'élasticité E en traçant la courbe $\sigma = f(\epsilon_1)$, pour σ variant de 0 à $0,5 f_c$, E étant le coefficient de la tangente à la courbe.

Pour cet essai, la vitesse de chargement sera de 0.3 mm/mn.

TP 4 - Mesure de la résistance à la traction par fendage du béton (EN 12390-6)

1. Objet.

↳ Déterminer la résistance au fendage d'une éprouvette de béton.

2. Eprouvette

L'éprouvette utilisée est un cylindre 16 x 32 cm (1 éprouvette).

3. Détermination de la masse volumique de l'éprouvette.

4. Conduite de l'essai.

Placer l'éprouvette et les bandes de chargement entre les plateaux de la presse (horizontalement).

Appliquer la charge d'une manière continue et sans chocs. La vitesse de chargement doit être constante pendant toute la durée de l'essai et égale à 240 kN/mn.

Retenir pour charge de rupture la charge maximale enregistrée au cours de l'essai et calculer à 0,1 MPa près la résistance correspondante f_t en MPa.

$$f_t = \frac{20 F_{\max}}{\pi dh}$$

où F_{\max} est la charge maximale en kN,

d le diamètre de l'éprouvette en cm,

h la hauteur de l'éprouvette en cm.

Travail demandé.

- 1°) Déterminer la masse volumique du béton durci et la comparer à celle du béton frais.
- 2°) Déterminer la résistance à la compression du béton sur 2 éprouvettes. Décrire leurs ruptures.
- 3°) Vérifier le critère de conformité pour la résistance en compression de ce béton, en supposant que 3 éprouvettes ont été testées.
- 4°) Supposons que lors de l'élaboration de ce béton, on avait prévu une résistance caractéristique f_{c28} égale à 25 MPa. En fonction du rapport C/E utilisé, quel changement pourrait-on apporter au nouveau dosage en ciment suivant la résistance réelle obtenue ?

$$f_{c28} = G_2 \sigma_{c28} \left(\frac{C}{E} - 0,5 \right)$$

- 5°) A partir de la courbe de la résistance à la compression en fonction de la déformation longitudinale du béton, déterminer le module d'élasticité instantané du béton.
- 6°) Le module d'élasticité instantané E_i d'un béton peut être évalué par la relation suivante (BAEL) :

$$E_i = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}}$$

L'Eurocode 2 évalue la valeur du module d'élasticité en fonction de la résistance caractéristique du béton f_{ck} , de la manière suivante :

$$E_i = 22000 \times \left(\frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{0,3}$$

où f_{cj} , E_i et f_{ck} sont exprimés en MPa.

Calculer E_i par ces 2 équations et les comparer avec celui mesuré.

- 7°) Déterminer la résistance à la traction par fendage f_t et décrire la forme de rupture de l'éprouvette.

- 8°) L'Eurocode 2 précise que la résistance à la traction à j jours peut être prise égale à :

$$f_{tj} = 0,3 \times f_{cj}^{2/3} \quad \text{pour des bétons } < C 50/60$$

Calculer la résistance à la traction et la comparer à celle mesurée.

Nota : vous pouvez évaluer la résistance à la compression à j jours du béton testé par la formule suivante (pour $f_{c28} \leq 40$ MPa) :

$$f_{cj} = \frac{j}{4,2 + 0,85 \times j} \times f_{c28}$$

Contrôle de conformité de la résistance en compression (EN 206-1)

Plan d'échantillonnage et d'essais

Production	Fréquence minimale d'échantillonnage		
	50 premiers m ³ de la production	Au-delà des 50 premiers m ³ de production	
		Béton avec certification du contrôle de production	Béton sans certification du contrôle de production
Initiale (jusqu'à ce que 35 résultats d'essai au moins aient été obtenus)	3 échantillons	1 échantillon tous les 200 m ³ ou 2 échantillons par semaine de production	1 échantillon tous les 150 m ³ ou 1 échantillon par jour de production
Continue (une fois que 35 résultats d'essai au moins ont été obtenus)		1 échantillon tous les 400 m ³ ou 1 échantillon par semaine de production	

Critère de conformité

- Soit f_{cm} la moyenne arithmétique des résistances à la compression obtenues sur n résultats d'essais (critère 1)

- Soit f_{ci} le résultat individuel de résistance à la compression d'un essai, prendre le cas le plus défavorable (critère 2)

- Soit f_{ck} la résistance caractéristique d'un béton

La conformité de la résistance en compression du béton est évaluée pour :

- des groupes de « n » résultats d'essais consécutifs f_{cm}
- chaque résultat individuel d'essai f_{ci}

La conformité est confirmée si les 2 critères donnés pour la production initiale ou continue sont satisfaits :

Production	Nombre « n » de résultats d'essai de résistance dans le groupe	Critère 1	Critère 2
		Moyenne de n résultats (f_{cm}) en MPa	Chaque résultat individuel d'essai (f_{ci}) en MPa
Initiale	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Continue	15	$\geq f_{ck} + 1.48 \sigma$	$\geq f_{ck} - 4$