



## Corrigé type de l'Examen GS 743 Matériaux innovants

Nom et Prénom : .....

Remarques : Aucun document n'est autorisé.

Questions à Choix Unique : Cochez la case qui correspond à la réponse juste (*Barème* : 3/4 pt./réponse juste).

1. La résistance à la compression du BHP, augmente en fonction d'un rapport E/C :

- élevé,  
 faible,  
 ordinaire.

2. Le BHP est caractérisé par un rapport E/C proche de :

- 0.35,  
 0.45,  
 0.65.

3. Les superplastifiants dans un BHP, assurent :

- une résistance à la compression élevée au jeune âge,  
 la floculation des grains de ciment lors de leur hydratation,  
 une densification élevée des granulats.

4. Les ultrafines utilisées pour la production des BHP, sont désignées par :

- les cendres volantes,  
 la fumée de silice,  
 la coulée de silice.

5. La porosité d'un BHP est :

- de l'ordre de 12%,  
 avoisine les 9%,  
 inférieure à 5%.

6. Les bétons cellulaires sont des bétons :

- contenant un agent moussant,  
 légers, grâce à la présence de quantité élevée de bulles d'air,  
 de masse volumique de 2300 kg/m<sup>3</sup>.

7. Les bétons légers présentent une résistance au feu :

- plus faible que celles des bétons courants,  
 meilleure que celles des bétons courants,  
 similaire à celles des bétons courants.

8. Les fibres incorporées dans la masse du béton qui subit une traction :

- lui offrent un comportement ductile,  
 lui offrent un comportement fragile,  
 sont sans aucun effet sur son comportement.

9. Le béton de ciment prompt :

- ne peut pas être utilisé pour les travaux à la mer,  
 peut être utilisé pour les travaux à la mer,  
 est un béton dont le durcissement est très long.

10. Les bétons réfractaires sont des bétons :

- caverneux,  
 résistant aux températures élevées,  
 à plasticité exceptionnellement élevée.

11. Les Bétons auto-plaçants (BAP) suivent le modèle de comportement de :

- Newton,  
 Coulomb,  
 Bingham.

12. Le paramètre rhéologique qui caractérise le BAP est :

- La vitesse de cisaillement,  
 Le seuil de cisaillement,  
 Le taux de cisaillement.

13. L'essai de l'anneau japonais (J – Ring) nous renseigne sur :

- La fluidité du béton,  
 La stabilité du béton,  
 La capacité de passage du béton.

14. L'essai de la colonne LMDC donne des informations sur :

- La capacité de remplissage,  
 La vitesse de déformation,  
 La résistance à la ségrégation.

15. Le volume de la pâte dans un BAP est entre :

- 330 et 400 litres,  
 430 et 500 litres,  
 530 et 600 litres.

16. L'essai de compacité LCPC N°61 nécessite

- 5,5 Kg de gravier,  
 6,5 Kg de gravier,  
 7,5 Kg de gravier.

Exercice : (Barème : 08 pts.)

On cherche à formuler un béton autoplaçant (BAP), de résistance à la compression à 28 jours de 350 bars, en utilisant des granulats de carrière. Le sable 0/4 mm présente une densité 2,55 et les deux classes de graviers 4/8 et 8/16 mm ont la même densité 2,50. Le rapport massique G/S = 1 et le rapport massique G4/8 / G8/16 est égal à 1/3.

Le ciment utilisé est un CEM II/A 42.5 de classe vraie 55 MPa et de densité 3,1. La pâte sera aussi constituée de laitiers de haut fourneau de densité de 2,2. La masse du ciment est fixée à 350 kg/m<sup>3</sup> et le volume d'air entraîné est estimé à 30 l/m<sup>3</sup>. Le superplastifiant (Sp) utilisé présente une densité de 1,2. Le dosage de saturation de l'adjuvant est de 2%

Lors des essais de compacité (LPC N°61) sur un mélange granulaire de 7,5 Kg constitué de sable et des deux graviers utilisés, nous avons trouvé que la hauteur du mélange dans le cylindre était de 22 cm (après avoir exercé 100 secousses et une pression de 10 kPa). La masse volumique absolue de ce mélange est de 2420 kg/m<sup>3</sup>.

1. Calculer la compacité du mélange granulaire.

Compacité du mélange « C »:

$$V = \pi r^2 h = 0,004421 \text{ m}^3 \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

$$\rho_{ap} = 7,5 / 0,004421 = 1696,4 \text{ Kg/m}^3. \quad \boxed{0.25 \text{ pt.}}$$

$$C = \rho_{ap} / \rho_{abs} = 1696,4 / 2420 = 0,7. \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

2. Donner la relation entre le diamètre du granulats et l'épaisseur de la pâte en excès. Calculer l'épaisseur de la pâte en excès pour un premier granulats de diamètre 16mm, et pour un deuxième de diamètre 10mm. Que peut-on conclure ?

$$\frac{D_i + 2e_i}{D_i} = k \Rightarrow e_i = \frac{D_i(k-1)}{2} \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

Granulats concassés, G/S = 1  $\Rightarrow k = 1,15$  (facteur d'homothétie)  $\boxed{0.5 \text{ pt.}}$

Pour un granulats de  $D = 16 \text{ mm} \Rightarrow e = 1,2 \text{ mm}$

Pour un granulats de  $D = 10 \text{ mm} \Rightarrow e = 0,75 \text{ mm}$

Donc, quand  $D \uparrow \Rightarrow e \uparrow$   $\boxed{0.5 \text{ pt.}}$

3. Déterminer le dosage des différents granulats.

$$V_{gr} = (1 - V_A) \cdot \left( \frac{C}{1 + C \cdot (k^3 - 1)} \right)$$

$$V_{gr} = (1000 - 30) \cdot \left( \frac{0,7}{1 + 0,7 \cdot ((1,15)^3 - 1)} \right) = 497,5 \text{ l/m}^3 \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

$$\frac{G}{S} = 1 \Rightarrow \frac{V_G}{\rho_S} = \frac{V_S}{\rho_G}$$

On a :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_G}{\rho_G} = \frac{V_S}{\rho_S} \\ \text{et} \\ V_G + V_S = V_{gr} \end{array} \right. \Rightarrow V_S \approx 246,24 \text{ l/m}^3 \quad \text{et} \quad V_G \approx 251,26 \text{ l/m}^3. \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

$$\Rightarrow S \approx 628 \text{ kg/m}^3 \quad \text{et} \quad G \approx 628 \text{ kg/m}^3. \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

$$G(4/8) / G(8/16) = 1/3 \Rightarrow G(4/8) = 157 \text{ kg/m}^3 \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

4. Calculer le volume de la pâte. Quel est le volume d'eau nécessaire pour atteindre la résistance souhaitée ?

$$V_{p\acute{a}te} = 1 - V_{gr} - V_A = 1000 - 497 - 30 = 473 \text{ l/m}^3. \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

$$R_c = G \cdot F_{CE} \cdot \left( \frac{C}{E + V_a} - 0,5 \right)$$

$$\Rightarrow \frac{C}{E + V_a} = 1,77 \Rightarrow E = 167,43 \text{ l/m}^3 \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

5. Trouver le dosage en laitier.

$$C = 350 \text{ Kg/m}^3 \Rightarrow V_C = \frac{350}{3,1} \approx 112,9 \text{ l/m}^3. \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

$$V_{p\grave{a}te} = V_E + V_C + V_{laitier} + V_{Sp} \Rightarrow V_{laitier} = V_{p\grave{a}te} - V_E - V_C - V_{Sp} = 473 - 167,43 - 112,9 - \frac{350 \cdot 2}{100 \cdot 1,2}$$

$$V_{laitier} = 186,84 \text{ l/m}^3 \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

$$M_{laitier} = 186,84 \times 2,2 = 411 \text{ kg/m}^3.$$

6. Nous avons utilisé une masse de béton égale à 4,8 kg pour l'essai du tamis. Nous avons trouvé que la masse de laitance qui passe à travers le tamis de 5 mm est égale à 1,5 kg.

i. Est-ce que le béton formulé présente les caractéristiques d'un béton autoplaçant ?

$$ML/MB = 1,5 \times 100 / 4,8 = 31,25\% \Rightarrow \text{Béton instable} \quad \boxed{0.5 \text{ pt.}}$$

ii. Dans le cas où ce béton n'est pas stable, proposer alors au moins trois solutions afin de le rendre stable.

- Réduire le dosage en eau.
- Réduire le dosage du superplastifiant
- Réduire le rapport G/S (mettre plus de sable).

$\boxed{0.75 \text{ pt.}}$

On donne :

$$R_c = G \cdot F_{CE} \cdot \left( \frac{C}{E+V_a} - 0,5 \right) \quad \text{avec : } G = 0,5$$

$$V_{gr} = (1 - V_A) \cdot \left( \frac{C}{1+C \cdot (k^3 - 1)} \right)$$

