

**Questions de cours : (07pts)**

1- Que désigne le CEMI, de quoi il est composé et pour quels types de béton convient-il ? (1pt)

Le CEMI désigne le ciment portland non composé (nouvelle nomenclature du CP), il est composé de 95% de clinker et 5% de constituants secondaires. Il convient plus particulièrement pour les bétons normaux et les bétons précontraints, là où une résistance mécanique élevée est recherchée.

2- Le durcissement d'un béton en présence de l'air s'accompagne d'une évaporation de l'eau.

a- Quel phénomène peut-on craindre dans ce cas ? justifier votre réponse. (1pt)

Lors du processus de durcissement du béton, s'il y a évaporation de l'eau cela va entraîner un phénomène de « Retrait » qui se traduira par la suite par une fissuration provoquant ainsi la chute de la résistance mécanique du béton.

b- Quelles sont les précautions à prendre pour éviter ce phénomène ? (1pt)

Pour éviter le phénomène de retrait dans les bétons il est recommandé de :

- Couler le béton par temps frais.
- Arroser avec de l'eau les surfaces exposées
- Etaler de la sciure de bois humide sur les surfaces de béton exposées à la chaleur.

3- Donner la définition et le rôle d'un liant.

Un liant est un matériau issu d'une roche finement broyée. Au contact de l'eau et au cours du temps il donne un produit durci.

Il existe deux types de liants : les liants aériens et les liants hydrauliques.

- Le liant aérien au contact de l'eau donne un produit durci qui résiste uniquement à l'air.
- Le liant hydraulique au contact de l'eau donne un produit durci qui résiste à l'air et à l'eau.

Le rôle d'un liant :

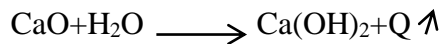
- Dans un béton il sert à coller les agrégats entre eux (graviers et sables).
- Dans une cloison en briques il sert à coller les briques entre elles au moyen d'un mortier de ciment (ciment+sable+eau)
- Il a un rôle d'imperméabilisation.
- Rôle de protection à l'état de coulis (barbotine de ciment et lait de chaux)

4- Donner les composants minéralogiques essentiels du ciment portland.

Il existe cinq minéraux dans le ciment portland :

$\beta\text{C}_2\text{S}$	$\text{C}_3\text{S}$	$\text{C}_4\text{AF}$	$\text{C}_3\text{A}$	$\overline{\text{C}}\text{SH}_2$
---------------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------------------

5- Soit la réaction suivante :



a- Nommer cette réaction. (0.5pt)

$\text{CaO}$  : chaux vive.

$\text{Ca(OH)}_2$  : chaux éteinte

Il s'agit de la réaction d'extinction de la chaux qui se fait avec un fort dégagement de chaleur.

b- Quel est le phénomène qui accompagne cette réaction ? (1pt)

- Cette réaction s'accompagne d'une augmentation de volume appelée « foisonnement ».
- Si cette réaction a lieu dans un béton (lors qu'il y a présence de chaux libre en excès) ce ci provoquera la fissuration du béton est donc sa destruction.

### EX 1 : (05 pts)

Les compositions chimiques de deux chaux A et B sont exprimées en pourcentages pondéraux suivants :

chaux \ %	CaO totale	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
A	66	28	5	1	0,5
B	60	21	7	1	0,5

1- Calculer la composition minéralogique des deux chaux dans le système  $\text{C}_2\text{F}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$  et CA. (02pts)

- Composition minéralogique :

1 mole de  $\text{C}_2\text{F}$   $\longrightarrow$  1 mole de F

%  $\text{C}_2\text{F}$   $\longrightarrow$  0,5%

$$\% \text{C}_2\text{F} = \frac{272 \times 0,5}{160}$$

1 mole de  $C_2S$   $\longrightarrow$  1 mole de S

%  $C_2S$   $\longrightarrow$  28%

$$\% C_2F = \frac{172 \times 28}{60}$$

---

1 mole de CA  $\longrightarrow$  1 mole de A

% CA  $\longrightarrow$  5%

$$\% C_2F = \frac{158 \times 5}{102}$$

CHAUX \ %minéraux	%minéraux		
	$C_2F$	$C_2S$	CA
A	0,85	80,26	7,74
B	0,85	60,20	10,84

2- Donner une classification de ces chaux. justifier votre réponse. (1.5pt)

pour classer ces chaux il faudra d'abord calculer l'indice d'hydraulicité :

$$I = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO}$$

$$I_A = \frac{28+5}{66+1} \longrightarrow 0,49 \quad / \quad I_B = \frac{28+5}{66+1} \longrightarrow 0,45$$

- **A** et **B** sont des chaux hydrauliques naturelles XHN car  $0,14 < I < 0,50$ .

-Elles sont toutes les deux lourdes car  $I > 0,30$ .

-Si on compare les indices d'hydraulicité :  $I_A > I_B$  donc A présente de meilleurs propriétés mécaniques.

3- Calculer le pourcentage de chaux combinée dans A et B. donner une conclusion quant à la qualité de chaque chaux. (1.5pt)

- Le % de chaux combiné dans A et B :

---

$$\frac{2 \times 56 \times \%C_2F}{272} + \frac{2 \times 56 \times \%C_2S}{172} + \frac{56 \times \%CA}{158}$$

Dans A : 55,34%

Dans B : 43,39%

$$* 66 - 55,34 = 10,66\%$$

$$* 60 - 43,39 = 16,61\%$$

Ces deux chaux renferment plus de 10% de chaux libre.

---

**EX 2 : (08pts)**

La composition minéralogique exprimée en pourcentage pondéraux d'un ciment portland et donnée dans le tableau suivant :

---

Minéraux	$\beta C_2S$	$C_3S$	$C_4AF$	$C_3A$	$\overline{CSH}_2$
%	43	30	09,50	07,50	07

- 1- Calculer le pourcentage de chaux combinée dans ce ciment. (1,5pt)

$$C1 = \frac{2 \times 56 \times \% \beta C_2S}{172} + \frac{3 \times 56 \times \% C_3S}{228} + \frac{3 \times 56 \times \% C_3A}{270} + \frac{4 \times 56 \times \% C_4AF}{486} + \frac{56 \times \% CSH_2}{172}$$

$$C1 = 61,49\%$$

- 2- Si le pourcentage de chaux libre dans ce ciment dépasse les 10%, que pouvez-vous conclure ? Justifier votre réponse. (1,5pt)

Si le % de chaux libre dans ce ciment dépasse les 10% il se produira lors du processus d'hydratation un phénomène de foisonnement dû à la réaction :

$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + Q^{\uparrow}$  qui provoque une fissuration entraînant une chute de la résistance du béton.

- 3- Si le pourcentage de  $\overline{CSH}_2$  est de 02%. Conclure et expliquer avec détails. (2,5pts)

Le % de  $\text{SO}_3$  doit être compris entre 1,5% et 3,5% de la masse du ciment .... (01pt)

Si le % de  $\overline{\text{C}_2\text{SH}_2} = 02\%$  donc le % de  $\text{SO}_3 = 0,81\%$  car :

$$\% \text{SO}_3 = \frac{\% \overline{\text{C}_2\text{SH}_2}}{2,15}$$

On assistera alors à un phénomène de prise éclair, un durcissement précoce du béton entraînant Une difficulté de mise en œuvre.



- 4- Si le pourcentage de  $\overline{\text{C}_2\text{SH}_2}$  est de 09%. Conclure en justifiant.

Si le %  $\overline{\text{C}_2\text{SH}_2} = 09\%$  alors le % de  $\text{SO}_3 = 4,2\%$

Pas de prise éclair, hydratation normale mais il y aura la formation de l'ettringite secondaire qui se manifeste par une augmentation de volume lors du durcissement du béton entraînant ainsi sa fissuration donc sa destruction. (1,5pts)

- 5- Que pensez-vous de la résistance mécanique aux jeunes âges de ce ciment ? (1pt)

D'après le tableau le %  $\beta\text{C}_2\text{S}$  dans ce ciment est supérieur à celui de  $\text{C}_3\text{S}$ . il s'agit donc d'un ciment riche en  $\beta\text{C}_2\text{S}$  (ciment belitique). Aux jeunes âges la résistance de ce ciment sera nettement inférieure à celle aux âges avancés.

**Données : Masses molaires**

$\text{SiO}_2 = 60\text{g}$	$\text{CaO} = 56\text{g}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160\text{g}$
$\text{H}_2\text{O} = 18\text{g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 102\text{g}$	$\text{SO}_3 = 80\text{g}$
$\text{C}_3\text{S} = 228\text{g}$	$\beta\text{C}_2\text{S} = 172\text{g}$	$\text{C}_3\text{A} = 270\text{g}$
$\text{C}_4\text{AF} = 486\text{g}$	$\overline{\text{C}_2\text{SH}_2} = 172\text{g}$	