

* introduction :

Ce chapitre présente les différents constituants utilisés, ainsi que leurs propriétés physiques, chimiques et mécaniques et les essais qu'on a fait.

1-Matière première :

1-1-le ciment:

Le ciment qu'on a utilisé est un ciment portland (CPA-CEM I/52.5A) de la cimenterie de M'SILA. Les composition chimique et minéralogique de ciment représentées dans le tableau(2.1) et (2.2) suivants :

Tableau(2.1): analyse chimique du ciment.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Cl	PAF
CEMI/52.5A	20.87	5.10	3.42	62.36	1.88	2.92	0.68	0.11	0.017	1.8

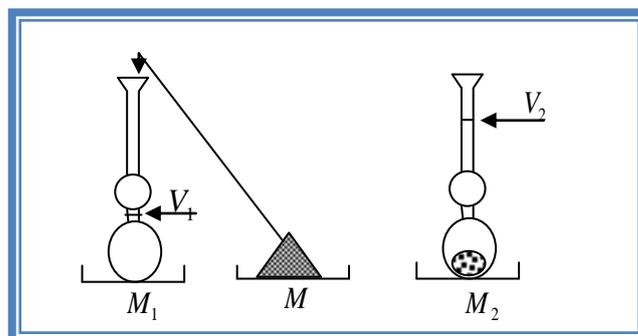
Tableau(2.2): analyse minéralogique du ciment.

	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
CPA CEMI/52.5A	65.47	10.78	7.41	10.12

1-1-1-Les caractéristiques physiques de ciment:

a- Masse volumique absolue NF P18-555 :

La masse volumique absolue est déterminée en utilisant le dispositif **Le Chatelier** représenté sur la figure(2.1).



Figure(2.1) :Dispositif expérimental de l'appareil Le Chatelier

La masse volumique absolue est donnée par :

$$\rho_{\text{abs}} = (M_2 - M_1) / (V_2 - V_1)$$

Où : **M1** : Masse de (cellule + benzène).

M2 : Masse de (cellule + benzène + ciment).

V1 : Le volume du benzène initial.

V2 : Le volume du benzène final (après introduction du ciment).

b- Masse volumique apparente NF P18-555 :

C'est le rapport de la masse de l'échantillon M sur son volume total apparent

V_{app} :

$$\rho_{app} = M_T / V_{app}$$

c- Surface spécifique Blaine NFP 196.6 :

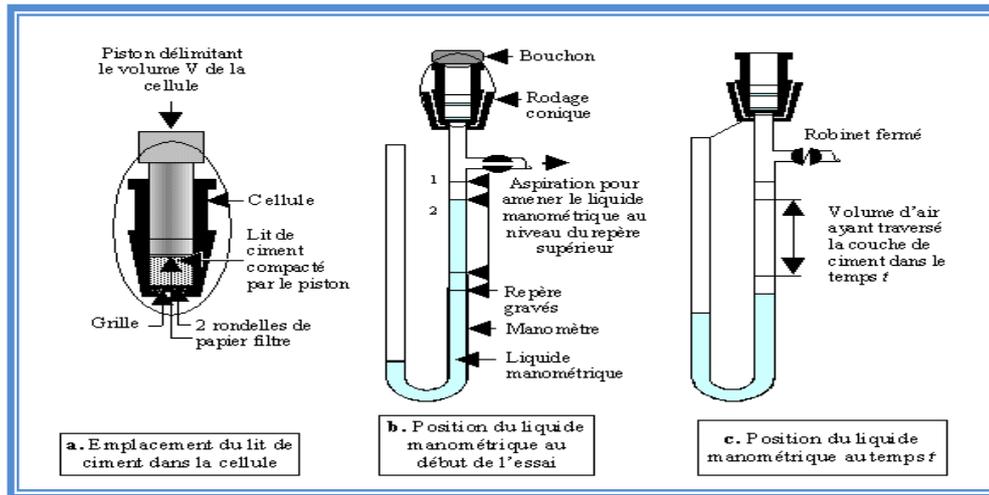
Les ciments se présentent sous forme de poudre finement broyée, cette finesse est une caractéristique importante car lors du gâchage, plus la surface du ciment en contact avec l'eau est grande, plus l'hydratation est complète et rapide. De plus, si la surface spécifique d'un ciment est grande, plus la quantité d'eau nécessaire à l'hydratation n'est grande. La finesse d'un ciment est exprimée par sa surface spécifique qui exprime la surface étendue des grains de l'unité de masse du ciment. Elle est généralement exprimée en (cm^2/g).

La méthode utilisée pour mesurer la surface spécifique est la perméabilité à l'air « **Méthode de Blaine** ». Il s'agit de faire passer un volume d'air connu à travers une poudre de filler. Plus la surface spécifique de la poudre est importante et plus le temps mis par l'air pour traverser la poudre est long. Dans les conditions normalisées, la surface spécifique est proportionnelle à $t^{1/2}$. L'appareil utilisé dans cet essai est connu par **Appareil Blaine** figure(2.2), Cet essai est régi par la norme Française NFP 196.



*la quantité de ciment

*l'appareil Blaine



Figure(2.2) :Dispositif expérimental du perméabilimètre de Blaine
 D'après cet essai, la surface spécifique est calculée à l'aide de l'expression :

$$S_m = K_s \cdot \frac{\sqrt{\varepsilon^3} \cdot \sqrt{t}}{\rho_{abs} (1 - \varepsilon) \sqrt{\eta}}$$

Où : K_s : constante de l'appareil à déterminer à partir d'un échantillon de ciment étalon.

ρ_{abs} : masse volumique absolue du ciment en (Kg/m³).

η : La viscosité de l'aire à la température de l'essai en (pas*s).

t : temps de passage de l'aire au travers de la couche de ciment en (s).

Les résultats de caractérisation physique de ciments sont représentés dans le tableau(2.3).

Tableau(2.3) :propriété physique de ciment.

Type de ciment	CPA CEM I/52.5(A)
Masse volumique apparente (kg/m ³) (NF P18-555) [47]	1.13
Masse volumique absolue (kg/m ³) (NF P18-555) [47]	3.06
Surface spécifique du ciment (cm ² /g)	4100
Consistance normale (%) (EN 196-3)[48]	29.8

Début de prise(froid)	180 min
Début de prise(chaud)	27 min
Fin de prise(froid)	245 min
Fin de prise(chaud)	70 min

1-1-2Caractéristiques mécaniques du ciment:

Les essais mécaniques sont réalisés au niveau du laboratoire de Lafarge M'sila Les résultats de la résistance à la compression des ciments sont donnés au le tableau(2.4).

Tableau(2.4) : caractéristique mécanique de ciment.

Type de ciment	CPA CEM I/52.5(A)			
Temps	2jours	7jours	14jours	28jours
Résistance a la compression (MPA)	29.30	45.1	34.30	55.60

1-2-les ajouts:

Dans ce travaille on a utilisé quatre type d’ajouts qui sont: poudre de filler, poudre de déchet de brique, sable de dune broyé et poudre de verre.

Les composition chimique des ajouts représentes dans le tableau(2.5) et (2.6) suivants:

Tableau (2.5) : analyse chimique de : filler ,sable de dune et verre.

Ajouts	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	LOI	CL-
Filler	6.90	2.41	1.48	47.67	1.06	0.17	0.22	0.01	39.42	0.02
Sable de dune	94.78	1.0	0.65	1.09	0.13	0.08	0.30	0.03	0.67	0.014
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	F ₂	K ₂ O	Na ₂ O	B ₂ O ₃	-
Verre	54.5	14.9	0.1	17.7	4.1	0.2	0.1	0.5	7.9	-

Tableau (2.6) : analyse chimique de déchet de brique.

Ajout	Si	F	CaO	MgO	S	Fe	PF	O	N	S	C	F	ST	
Brique	48.09	5.64	10.24	1.51	0.15	0.28	13.82	1.85	0.76	0.1	0.116	0.1	0.49	16.85

1-2-1-La surface spécifique :

Les valeurs des surfaces spécifiques de chaque ajout représentent dans le tableau (2.7) suivant :

Tableau (2.7) : la surface spécifique des ajouts.

ajout	Filler	brique	Sable de dune	verre
La surface spécifique (cm ² /g)	9000	3200	6000	3900

1-3-le sable:

1-3-1-Caractéristiques granulaire du sable :

A-Analyse granulométrique du sable:

Les courbes granulométriques des différents granulats peuvent être déterminées par l'essai de l'analyse granulométrique (NF P 18-431).

L'essai consiste à classer les différents grains suivant leurs grosseurs. Les résultats de l'analyse granulométrique du sable sont regroupés dans le tableau(2.8), et sa courbe granulométrique est représentée sur la figure(2.3). La forme de la courbe granulométrique du sable est une courbe des granulats riche en éléments fins.

On pèse 1000g de sable et on met dans les tamis



1000g de sable



Les tamis de l'essai

Tableau (2.8) : résultats de l'analyse granulométrique du sable.

Tamis Ø (mm)	Poids des refus partiels (g)	Poids des refus cumules (g)	Poids des refus cumules (%)	Tamisât en (%)
5	0.00	0.00	0.00	100
2.5	96.40	96.40	9.64	90.36
1.25	109.80	206.20	20.62	79.38
0.63	113.80	320	32	68
0.315	309.40	629.40	62.94	37.06
0.16	325.10	954.50	95.45	4.55
0.08	34.40	988.90	98.89	1.11
FOND	11.10	1000	100	0.00

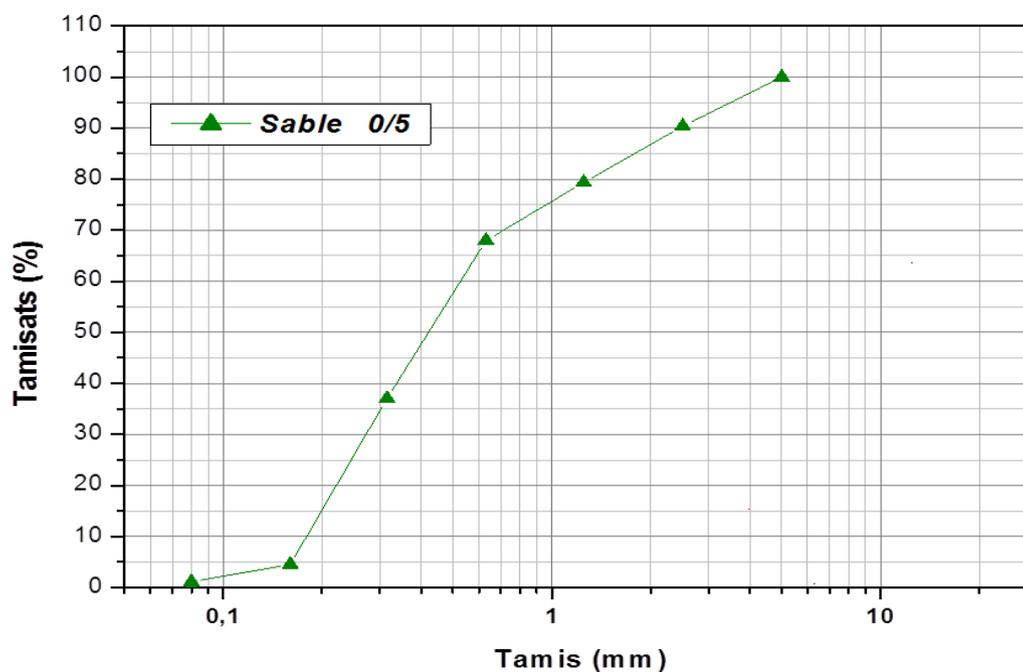


Figure (2.3) : l'analyse granulométrique du sable.

B-module de finesse:

La finesse du sable est définie comme étant la somme des refus cumulés exprimés en pourcentage sur les tamis de la série: 5 ; 2.5 ; 1.25 ; 0.63 ; 0.315 ; et 0.16 mm. Plus le module de finesse est élevé plus le granulat est grossier. Un bon sable de béton devrait avoir un module de finesse compris entre 2.20 et 2.80 .

Dans le cas de la granulométrie du sable. Le module de finesse égale à:

$$MF=(9.64+20.62+32.0+62.94+95.45)/100=2.2065.$$

Le sable utilisé est donc de bonne qualité pour le béton.

C-équivalent de sable :

Le sable est un grain minéral dont le diamètre est inférieur à 5mm. Il est utilisé dans le béton afin de combler les vides entre les grains de gravier .A l'état naturel, le sable se compose de grains de diamètres inférieurs à 5mm. Mais, il se compose de grains minéraux comme de grains organiques (argile). Ces grains organiques ont un diamètre inférieur à 0.08mm. Le mélange est appelé sable à partir du moment où à l'œil, il se compose d'avantage de grain supérieur à 0.08mm.

Cela signifie que le mot sable désigne deux choses. Le sable brut composé uniquement de grains minéraux et le sable tel qu'on le trouve dans la nature composé d'un mélange de sable brut et d'argile.

Les étapes de l'essai dans les figures (2.4) suivants:



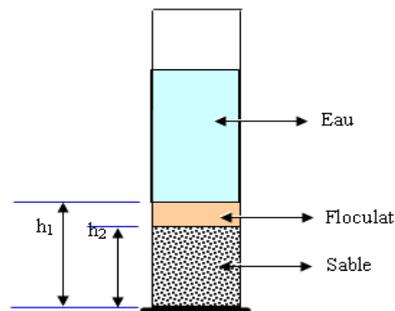


Figure (2.5) :les étapes de l'équivalent de sable.

Les résultats de l'essai d'équivalent de sable dans le tableau (2.9) suivant:

Tableau (2.9): les résultats de l'essai d'équivalent de sable.

h_1	7.6
$h_{2\text{visuel}}$	7
$h_{2\text{piston}}$	6.8
$E_{s\text{visuel}}$	92
$E_{s\text{piston}}$	89

Ces résultats montrent que le sable utilisé est un sable très propre.

1-4-l'eau de gâchage:

L'eau de gâchage utilisée dans notre étude est une eau potable « eau du robinet» Fournie au laboratoire de Génie-civil à l'université de Djelfa.

1-5-formulation des ciments et des ajouts:

dans ce travaille, ils ont utilisé les quatre ajouts. Dans chaque ajout nous utilisons les pourcentages de 0% à 30% , et aussi dans chaque pourcentage on a préparer 04 éprouvettes(02 sans cure et 02 cure) , donc la totalité des éprouvettes sont 100 éprouvettes.

On a devisés le nombre des éprouvettes par 02, et on a crases 50 éprouvettes après 28 jours et le reste après 90jours.

les ajouts sont: le filler, déchet de brique, sable de dune et poudre de verre.

Les quantités des ciments et des ajouts représentés dans le tableau(2.10).

A: ajout. Tableau (2.10) :les quantités des ciments et des ajouts.

pourcentage	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
CEMI/52.5A	450	427.5	405	382.5	36	337.5	315
A (g)	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135

1-5-1-mode opératoire:

La pate de ciment est réalisée à l'aide d'un malaxeur CONTROLAB (Figure) dans une cuve de cinq litres répandant aux caractéristiques de la norme NF P 15-411.

La procédure de malaxage est celle préconisée dans la norme NF P 15-403:

- * Introduire les matériaux secs (ciment + ajout) ;
- * Introduire l'eau de gâchage pendant (5-10s), sont mélangés à la vitesse lente pendant 90s.
- * Après l'arrêt du malaxage, pendant 15s on effectue un raclage manuel des parois de la cuve.
- * Enfin, le cycle se termine par un malaxage de 90s à la vitesse lente.

Un exemple de travaille:





1-5-2- Conservation des éprouvettes :

Après coulage, Les éprouvettes seront conservées à l'air pendant 24h. Après démoulage, elles seront immergées dans un bac qui contient de l'eau potable de laboratoire afin d'éviter l'évaporation prématurée d'eau. Figure(2.5).



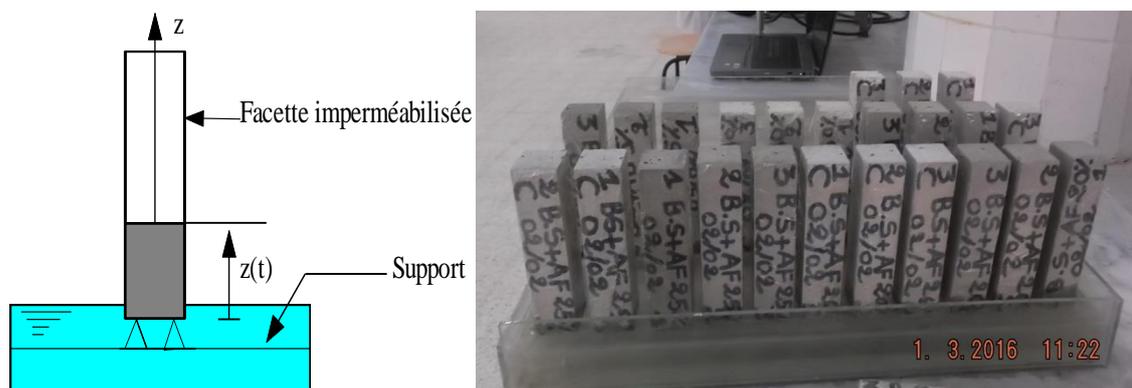
Figure(2.5) :conservation des éprouvettes.

1-6-L'essai d'absorption d'eau :

Cet essai mesure le taux d'absorption de l'eau par suctions capillaires des éprouvettes de béton, non saturées, mises en contact avec de l'eau sans pression hydraulique.

Avant les mesures de la sorptivité les spécimens seront pré-conditionnés dans l'étuve à environ 102 °C jusqu'à une masse constante. L'essai d'absorptivité détermine le taux ou vitesse d'absorption par remontée capillaire d'une éprouvette cubique 10x10x10cm³ placée sur de petits supports dans un bac contenant de l'eau suivant le schéma indiqué dans Figure(2.6).

De sorte que l'eau ne touche l'éprouvette que d'une hauteur de 5 mm de la profondeur du bac, le reste de l'éprouvette est préalablement imperméabilisé par une scotch sur toutes les autres faces. On mesure alors l'augmentation de la masse de l'éprouvette en fonction du temps (60 minutes).

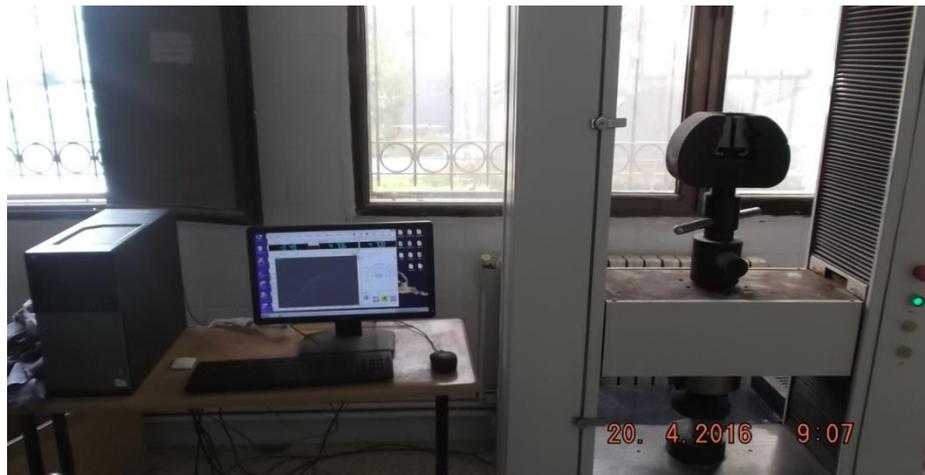


Figure(2.6) :l'essai d'absorption.

1-7-la résistance:

Les éprouvettes utilisées sont des éprouvettes cubiques de 4*4*16 cm³ confectionnées pour estimer la résistance à la compression et à la traction de la pâte.

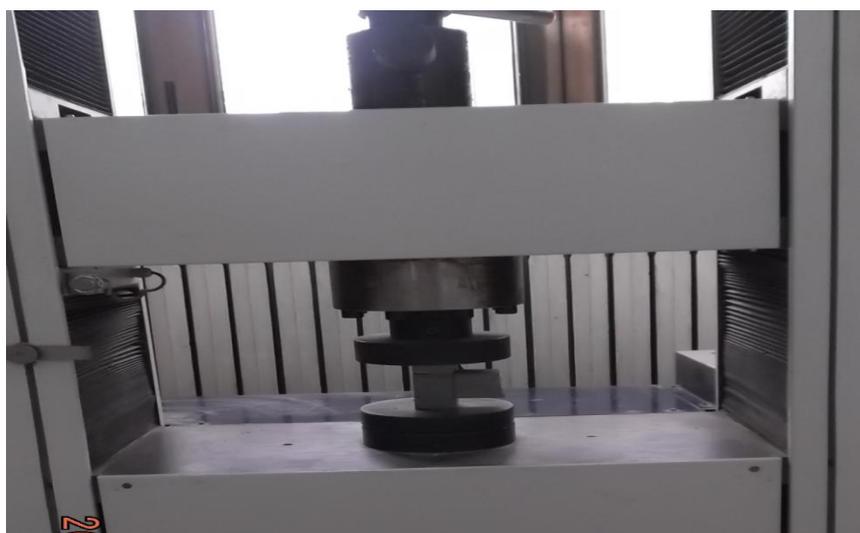
Les essais de compression et de traction ont été menés à l'aide d'un appareil universel de capacité 300KN disponible au niveau de laboratoire de génie civil de l'université de Djelfa. Figure (2.7) –(2.8) –(2.9).



Figure(2.7)-l'appareil universel(300KN).



Figure(2.8):la résistance à la traction.



Figure(2.9) :la résistance à la compression.

- * La résistance à la traction est calculée par la formule suivante :

$$\sigma_t = (M_{\max} * y) / I$$

telle que : * **M_{max}** : le moment maximum.

* **I** : le moment d'inertie.

* **y_{max}** : la distance entre la zone tendue et l'axe neutre.

- * La résistance à la compression est calculée par la formule suivante :

$$\sigma_c = P / S$$

telle que :

* **P** : la force appliquée.

* **S** : la section étudiée.