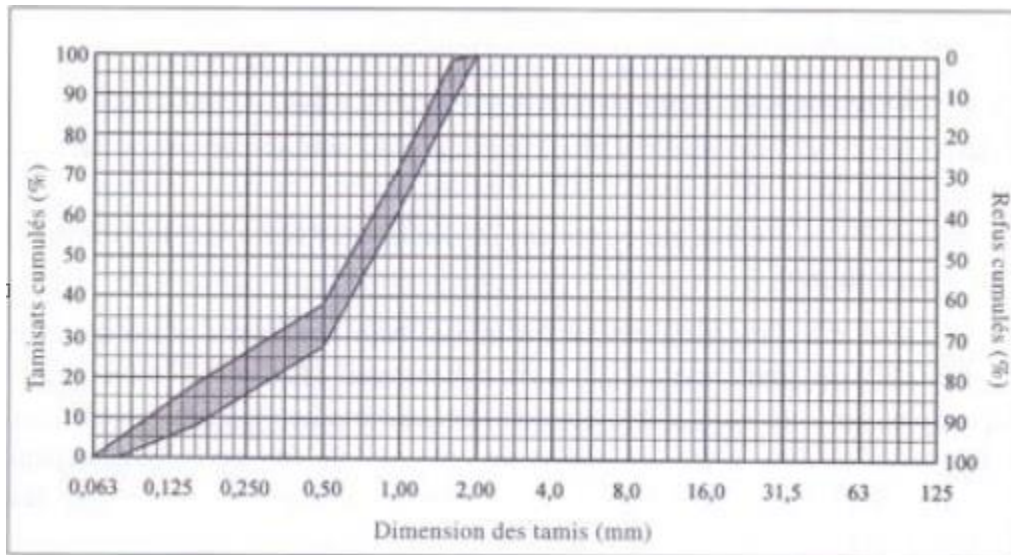


ESSAIS SUR LES MORTIERS

1. Mortier normal (EN 196-1)

Le mortier standard est un mélange qui permet de déterminer certaines caractéristiques d'un ciment, notamment sa résistance. Ce mortier est préparé selon la norme EN 196-1, qui spécifie le type de sable utilisé pour les tests ainsi que le mélangeur. Le sable utilisé est appelé "sable normalisé CEN EN 196-1", lui-même défini par rapport à un "sable de référence CEN". Ce sable est vendu en sacs plastique de 1350 g \pm 5 g. Sa granulométrie doit être comprise à l'intérieur d'une partie spécifique.



Ce sable et le ciment à tester sont mélangés avec de l'eau selon les proportions suivantes : 450 g \pm 2 g de ciment, 1350 g \pm 5 g de sable normalisé et 225 g \pm 1 g d'eau. Le rapport E/C de ce mortier est donc de 0,50. Avant d'être utilisé pour les divers tests de maniabilité, de prise, de résistance ou de retrait, ce mortier est malaxé pendant 4 minutes conformément aux instructions de la norme.

-Commencez par verser l'eau dans la cuve du malaxeur, puis ajoutez-y le ciment. Ensuite, démarrez le malaxeur à basse vitesse immédiatement après.

2, Mesure des résistances a la compression et a la traction (EN 196-1)

2.1 Objectif de l'essai

L'objectif est de caractériser la résistance d'un ciment.

2.2 Principe de l'essai

Cet essai vise à examiner les résistances à la traction et à la compression des échantillons de mortier standard. Dans ce type de mortier, la seule variable est la composition du liant hydraulique ; la résistance du mortier est donc considérée comme représentative de la résistance du liant utilisé.

2.3 Equipement nécessaire

Les éléments nécessaires sont décrits en détail par la norme EN 196-1, énumérés comme suit :

1. Une salle maintenue à une température de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative supérieure ou égale à 50 %.
2. Une chambre ou une armoire humide maintenue à une température de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ et à une humidité relative supérieure à 90 %.
3. Un malaxeur normalisé.
4. Des moules normalisés permettant de réaliser 3 éprouvettes prismatiques de section carrée de 4 cm x 4 cm et de longueur 16 cm (appelées "éprouvettes 4 x 4 x 16").
5. Un appareil à chocs permettant d'appliquer 60 chocs aux moules en les laissant tomber d'une hauteur de $15\text{ mm} \pm 0,3\text{ mm}$ à une fréquence d'une chute par seconde pendant 60 s.
6. Une machine d'essais de résistance à la flexion permettant d'appliquer des charges jusqu'à 10 kN avec une vitesse de mise en charge de $50\text{ N/s} \pm 10\text{ N/s}$. La machine ne doit pas être pourvue d'un dispositif de flexion.
7. Une machine d'essais à la compression permettant d'appliquer des charges jusqu'à 150 kN (ou plus si nécessaire) avec une vitesse de mise en charge de $2\text{ 400 N/s} \pm 200\text{ N/s}$. Cette machine est équipée d'un dispositif de compression.



Moule

2.4 Conduite de l'essai

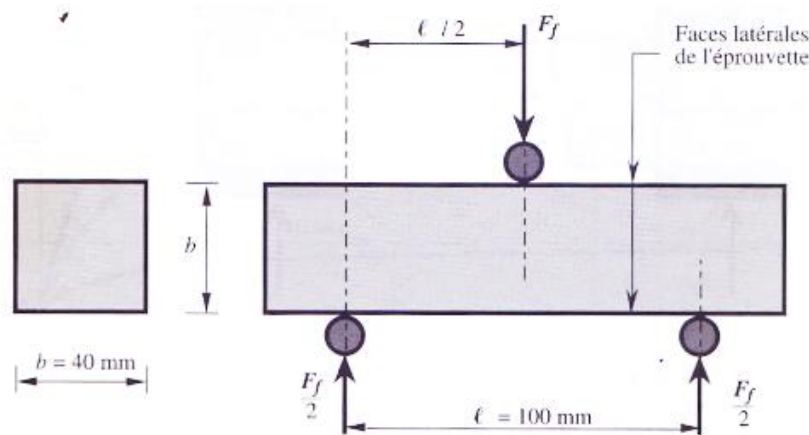
La norme EN 196-1 détaille la procédure de cet essai. Après avoir préparé le mortier normal selon les instructions du paragraphe 5-1, on remplit un moule 4 x 4 x 16 avec ce mortier. Le serrage du mortier dans le moule se fait en le versant en deux couches et en appliquant 60 chocs à chaque fois. Ensuite, le moule est nivelé, recouvert d'une plaque de verre et placé dans la salle

TP N° 01 : - ESSAIS SUR LES MORTIERS - TMC -2

ou l'armoire humide. Entre 20 et 24 heures après le début du malaxage, les éprouvettes sont démoulées et stockées dans de l'eau à $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ jusqu'au moment de l'essai de rupture. À la date prévue, les trois éprouvettes sont soumises à des essais de flexion et de compression. Les normes EN 197-1 et NF P15-301 définissent les classes de résistance des ciments en fonction de leur résistance à 2 (ou 7 jours) et 28 jours. Ces durées sont cruciales pour vérifier la conformité d'un ciment. Tout essai réalisé à d'autres moments doit respecter les limites de temps indiquées dans le tableau.

Age	24h	48h	72h	7j	$\geq 28j$
Précision	$\pm 15\text{ min}$	$\pm 30\text{ min}$	$\pm 45\text{ min}$	$\pm 2h$	$\pm 8h$

La flexion de chaque éprouvette est réalisée en suivant le dispositif décrit dans la figure.



L'essai de résistance à la flexion

Si F_f est la charge de rupture de l'éprouvette en flexion, le moment de rupture vaut $F_f \times l / 4$ et la contrainte de traction correspondante sur la face inférieure de l'éprouvette est :

$$R_f = 1,5 \times F_f \times l / b^3$$

Cette contrainte est appelée la résistance à la flexion. Compte tenu des dimensions b et l , si F_f est exprimé en newtons (N), cette résistance exprimée en mégapascals (MPa) vaut :

$$R_f (\text{MPa}) = 2,34 \times 10^{-3} F_f (\text{N}).$$

Les demi-prismes de l'éprouvette obtenus après rupture en flexion seront rompus en compression. Si F_c est la charge de rupture, la contrainte de rupture vaudra :

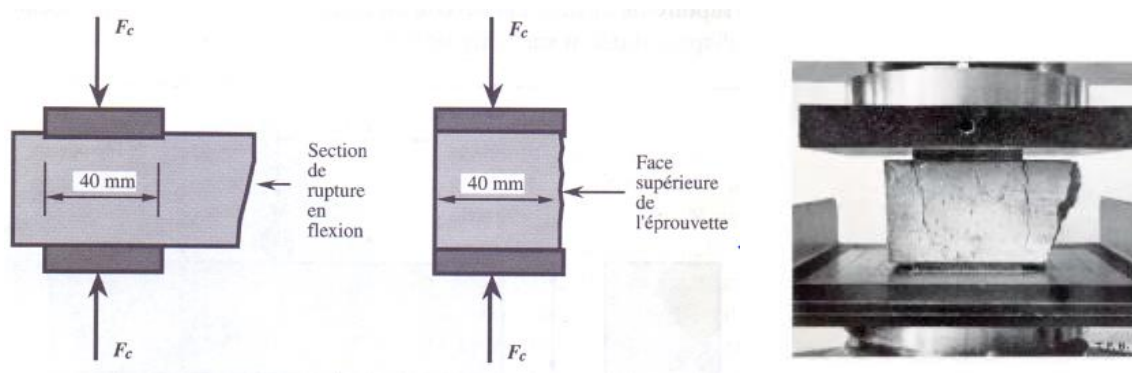
$$R_c = F_c / b^2$$

Cette contrainte est appelée résistance à la compression et, si F_c est exprimée en newtons, cette résistance exprimée en mégapascals vaut :

$$R_c (\text{MPa}) = F_c (\text{N}) / 1600$$

TP N° 01 : - ESSAIS SUR LES MORTIERS - TMC -2

Les résultats obtenus pour chacun des 6 demi-prismes sont arrondis à 0,1 MPa près et on en fait la moyenne. Si l'un des 6 résultats diffère de $\pm 10 \%$ de cette moyenne, il est écarté et la moyenne est alors calculée à partir des 5 résultats restants. Si à nouveau un des 5 résultats s'écarte de $\pm 10 \%$ de cette nouvelle moyenne, la série des 6 mesures est écartée.



Auquel cas il convient de chercher les raisons de cette dispersion : malaxage, mise en place, conservation ?

Lorsque le résultat est satisfaisant, la moyenne ainsi obtenue est la résistance du ciment à l'Age considéré.

1° FLEXION :

Calcule le R_{CM} à l'âge du 7 J Sachant que :

la contrainte de rupture :

$$R_c = F_c / b^2$$

Les résultats obtenus pour chacun des 6 demi-prismes sont

	01	02	03	04	05	06
R_c	9.809	8.839	10.100			
F_c				16000.00	15760.00	15840.00

$$R_{CM} = R_{C1} + R_{C2} + R_{C3} + R_{C4} + R_{C5} + R_{C6} / 6$$

$$R_{CM} - 10\% < R_{CM} \leq R_{CM} + 10\%$$

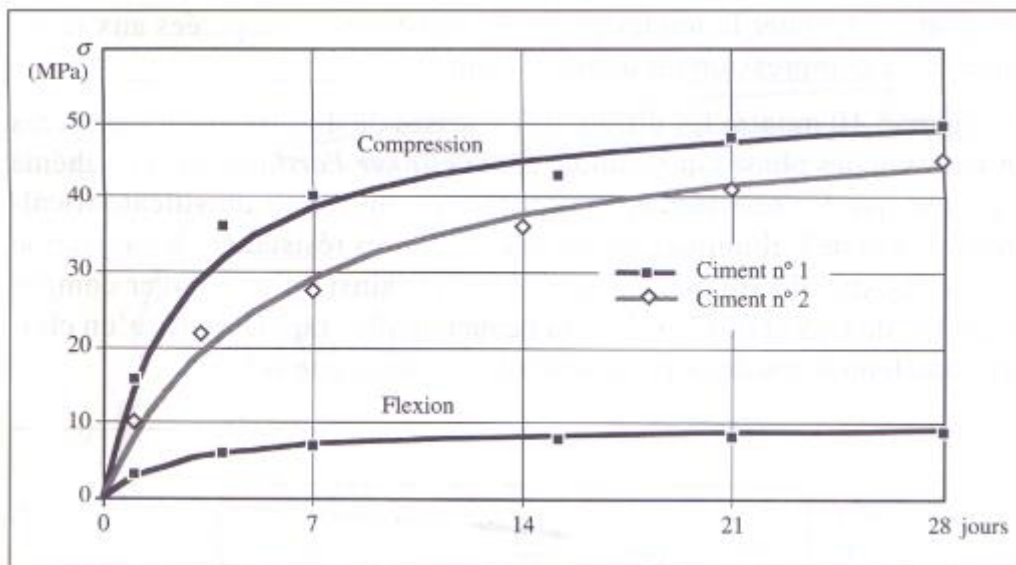
2.5 Résistance normale

La résistance dite "résistance normale" pour un ciment donné est la résistance mesurée à l'âge de 28 jours. C'est cette valeur qui détermine la classe du ciment : si un ciment atteint, à 28 jours, une résistance normale de 52 MPa, sa classe véritable est de 52 MPa. La classe commerciale, celle indiquée par le fabricant, peut être notablement différente de cette classe véritable, car les normes NF P15-301 et EN 197-1 permettent une variation de 20 MPa au-dessus d'une valeur spécifiée.

2.6, Durcissement

2-6.1 Evolution de la résistance en fonction de l'âge

La figure illustre deux courbes de résistance à la compression mesurées sur du mortier standard. Ce mortier a été fabriqué à partir de deux types de ciment commerciaux, fournis par le même fabricant de ciment, portant la même désignation commerciale et la même classe de résistance commerciale, à savoir 42,5 MPa. Les ciments se distinguent uniquement par leur date de production (9 mois d'écart entre les deux). On remarque que pour ces deux types de ciment, les courbes représentant l'évolution de leur résistance en fonction de leur âge sont sensiblement différentes : leurs résistances à 28 jours diffèrent ainsi que leurs taux de durcissement.



Essais de résistance sur mortier normal

Soit J l'âge de ces mortiers exprimé en jours et σ_j la résistance atteinte par ces mortiers au jour j. L'évolution de cette résistance en fonction de J peut être décrite à l'aide de l'équation suivante :

$$\sigma_j = \sigma_{28} / R_d (j-28) + 28$$

TP N° 01 : - ESSAIS SUR LES MORTIERS - TMC -2

Cette Equation simple, et qui ne dépend que de deux paramètres (σ_{28} et R_d), décrit de façon satisfaisante l'évolution de la résistance en fonction de l'Age dans les premières semaines de maturation.

C'est cette Equation qui a permis de tracer les courbes de la figure. Les valeurs de σ_{28} et de R_d pour chacune de ces courbes ont été obtenues à partir des 6 essais effectués sur chaque ciment. Ces valeurs peuvent être obtenues grâce à un logiciel de lissage (solveur d'Excel par exemple) qui calcule les deux paramètres de façon que la courbe résultante passe au plus près des points expérimentaux.

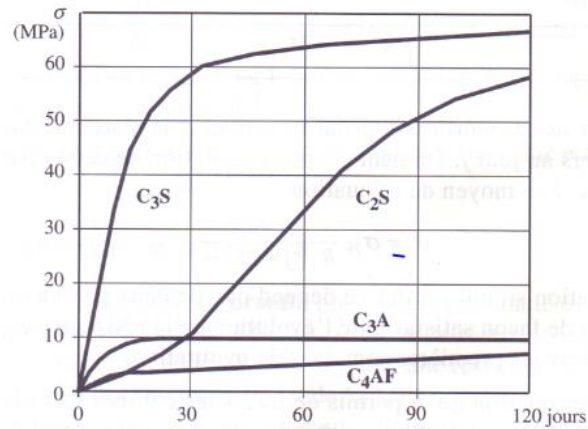
A défaut d'un tel logiciel, σ_{28} (ici la classe vraie du ciment) peut être évaluée facilement à partir des essais à 21 et 28 jours. Pour les ciments étudiés ici la classe vraie est de 49,5 MPa pour le ciment n° 1 et de 44 MPa pour le ciment n° 2. R_d qui est un coefficient inférieur à 1, et qui est d'autant plus élevé que le durcissement est rapide, pourra être obtenu par approximations successives. Dans l'exemple, $R_{d1} = 92 \%$ pour le ciment n°1 présentant la plus rapide montée en résistance et $R_{d2} = 83 \%$ pour l'autre.

Ces valeurs σ_{28} et R_d caractérisent un ciment donné. Toutes choses étant égales par ailleurs, un mortier ou un béton aura une résistance finale d'autant plus élevée et une montée en résistance d'autant plus rapide que σ_{28} et R_d seront plus importants. La résistance finale et la vitesse de durcissement dépendent de la finesse du ciment et de sa composition.

De plus, les variations de la résistance à la flexion en fonction du temps ont été représentées pour le ciment le plus résistant. On peut observer que ces résistances sont modestes par rapport aux résistances à la compression du même ciment.

La figure illustre les différentes vitesses de durcissement observées en fonction des phases constitutives du clinker Portland. Ce schéma met en évidence que les résistances à court terme sont principalement attribuables au silicate tricalcique C3S et à l'aluminate tricalcique C3A, tandis que les résistances à long terme sont principalement dues au silicate biccalcique C2S. Ainsi, un clinker composé à 80 % de C3S et de C3A durcira beaucoup plus rapidement qu'un clinker dans lequel ces deux phases ne représentent que 60 %

TP N° 01 : - ESSAIS SUR LES MORTIERS - TMC -2



Évolution comparée des vitesses de durcissement
des différentes phases du clinker

2° COMPRESSION

Calcule la résistance du mortier a l'âge du 28 J (σ_{28M}) Sachant que :

Les résultats obtenus pour chacun des 6 demi-prismes sont

	01	02	03	04	05	06
σ_{28}	41.600	44.000	46.400	44.000	43.600	44.400

$$\sigma_{28M} = \sigma_{28_1} + \sigma_{28_2} + \sigma_{28_3} + \sigma_{28_4} + \sigma_{28_5} + \sigma_{28_6} / 6$$

$$\sigma_{28M} - 10\% < \sigma_{28M} \leq \sigma_{28M} + 10\%$$