

COURS DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION



Par NDAYISHEMEZE Brice - Simplicite, Maître Assistant
UNIVERSITE SAGESSE D'AFRIQUE (USA)
BAC II - GENIE CIVIL

COURS DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION

CHARPENTE DU COURS

CHAP I : GENERALITES SUR LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

CHAP II : LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION EN PIERRES NATURELLES

CHAP III : LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION EN PIERRES ARTIFICIELLES

CHAP VI : LES MORTIERS ET LES BETONS

CHAP V : LES MATERIAUX METALLIQUES

CHAP VI : LES MATERIAUX CERAMIQUES

CHAP VI : LES MATERIAUX CALORIFIQUES ET PHONIQUES

CHAP VII : LES LIANTS ORGANIQUES

CHAP IX : LE BOIS

CHAP X : LES PEINTURES

«Construisons avec des Matériaux de Construction étudiés»

Préambule

Parmi les dix chapitres proposés, on va faire ensemble huit chapitres et les deux autres seront exposés par les étudiants qui seront répartis en groupe :

✚ CHAP III : LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION EN PIERRES ARTIFICIELLES

✚ CHAP VI : LES MATERIAUX CERAMIQUES

Chaque étudiant sera appelé à faire un résumé de ces deux chapitres exposés par ses collègues afin de concevoir son propre syllabus.

Remarque : *Le chapitre I, GENERALITES SUR LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION, il faudra consulter les notes prises en classe.*

CHAP II : MATERIAUX DE CONSTRUCTION EN PIERRES

NATURELLES

2.1. Classification

⇒ Voir le cours de Géologie de l'Ingénieur (Type de roches)

2.2. Les pierres

2.2.1. Exploitation

Les pierres sont exploitées en carrières et l'exploitation est faite selon la dureté de la pierre et selon que le gisement se trouve à la surface ou en profondeur. On distingue :

- La carrière à ciel ouvert
- La carrière souterraine

On peut dire en général que les carrières souterraines ne sont ouvertes que dans **les bancs de pierres tendres**

Pour les pierres tendres, l'exploitation à ciel ouvert se fait en dégageant la masse de la pierre à l'aide de la pioche et par après en introduisant **les coins en acier dans les lits horizontaux**.

Pour la pierre dure, l'exploitation à ciel ouvert se fait de la manière suivante :

On enlève **la découverte** et on arrive à la bonne pierre de construction qui sera extraite selon la méthode de gradins. Ce mode d'extraction comporte les opérations suivantes :

- On profite de l'existence de failles verticales ou de stratification horizontale pour décoller les masses de pierre ;
- Le tranchage : L'opération consiste à débiter en blocs facilement transportables les masses décollées par l'opération précédente.
- Equarrissage : L'opération consiste à donner sur chantier la forme définitive aux blocs de pierre.

L'exploitation souterraine se fait soit par attaque de la masse au moyen des galeries (chemin ou passage souterrain), soit par l'intermédiaire des puits verticaux à l'intérieur desquels rayonnent des galeries horizontales. Pour extraire un bloc, on retranche verticalement et horizontalement au moyen de lames de carrières et de haveuses.

2.3. Essais chimiques, physiques et mécaniques

2.3.1. Essais chimiques

Ces essais se bornent en général à déterminer si la pierre est attaquée ou pas par l'acide chlorhydrique à froid (HCl). Les pierres sont ainsi classées en 3 catégories :

- Pierres attaquées par l'HCl

Ex : Calcaire, dolomite, travertin et toutes les roches carbonatées

- Pierres peu attaquées par l'HCl

Ex : Grès

- Roches inattaquables : près que toutes les roches volcaniques

Ces essais se font surtout lorsque ces matériaux sont appelés à être exposés dans des atmosphères pollués ou les grandes villes industrielles. L'un des matériaux de construction qui est très attaqué par les eaux agressives est l'ardoise.

La qualité de l'ardoise est déterminée en versant dessus quelques gouttes de HCl :

- S'il n'y a pas d'effervescence (montée des bulles), c'est que la pierre est entièrement schisteuse.
- Si l'effervescence est lente, cela montre qu'il y a une présence de carbonate de magnésium.
- S'il y a une vive effervescence, la pierre a une teneur élevée en carbonate de calcium et c'est une mauvaise ardoise pour la couverture.

2.3.2. Essais physiques

Pour plusieurs matériaux, il est important à déterminer :

- La densité
- Volume
- Perméabilité
- La porosité
- Poids spécifique

Les pierres qui ne répondent pas aux essais physiques peuvent présenter des défauts suivants :

1. **Fils ou poils** : Le fil est une matière sous forme de terre entrée dans la pierre et qui fait que la pierre absorbe de l'eau et la fissure peut conduire à l'éclatement de la pierre.
2. **Arêtes irrégulières** : la pierre est dite graveleuse et éclate à l'humidité ou sous le choc d'un outil
3. **Fissures** : une pierre fissurée est à rejeter sur un chantier de construction
4. **Clous** : Ce sont des parties très dures, disséminées (éparpillées) dans la pierre et qui conduisent au refus de la pierre sur un chantier de construction parce qu'elle est très difficile à tailler ou risque d'éclater au contact d'un outil

La pierre est dite hygroscopique lorsqu'elle absorbe de l'eau par capillarité et qu'elle se désagrège sous l'influence de la gelée. Une pierre difficile à travailler, dure et cassante est dite **pierre fière**

2.3.3. Essais mécaniques

Ces essais se font sous des éprouvettes présentant des degrés d'imbibition (teneur en eau) bien déterminés.

- **Saturation naturelle** : Lorsque après deux pesés effectués sur la pierre (24h) on a la même valeur, on dit que la roche a atteint son degré de saturation naturelle ;

- **Ecrasement** : L'essai de l'écrasement est important parce qu'il donne une indication que l'on peut attendre d'une pierre. Le taux de travail admis est généralement égal à 1/10 de la résistance à l'écrasement.

Une pierre dure se rompt suivant une série de plans parallèles à la direction de l'effort exercé sur l'éprouvette.

Une pierre tendre se rompt suivant des plans obliques qui déterminent à un moment donné dans la masse 2 troncs de prisme opposés dans la petite face.

- **Poinçonnement** : C'est un phénomène de compression localisé et qui se réalise à l'aide des poinçons. La résistance au poinçonnement pour une pierre est différente de la résistance à la compression. Celle du poinçonnement est beaucoup plus grande que la résistance à la rupture par compression.
- **Adhérence** : Le pouvoir adhérent d'une pierre s'exprime par l'effort qu'il faut exercer pour séparer la face de la pierre de la force de ciment apportée en unités de surface.
- **Essai à l'usure** : L'essai se pratique sur les pierres susceptibles d'être utilisées en revêtement du sol : dallage, pavage, carrelage, revêtement routier, etc.

On soumet les éprouvettes à des épreuves d'usure par flottement, par choc ou par écrasement.

2.4. Utilisation de la pierre naturelle

La pierre est plus que tout autre le matériau dans le temps. Elle offre cette particularité grâce à ses qualités, possibilités variées d'emploi qui permettent de l'adapter aux différentes formes d'architecture, de lui faire suivre l'évolution des techniques, les conditions économiques des époques si variables dans le temps. Elle constitue des éléments porteurs comme les murs, les piliers, les arcs, les voûtes. Avec l'emploi du BA, la pierre a subi quelque peu une éclipse passagère qui a fait que son emploi s'est développé beaucoup plus au matériau d'habillage que comme un matériau porteur. Le Burundi possède pas mal de gisement. On peut dire que seule la pierre est un matériau de construction qui ne nécessite aucune utilisation de combustibles pour sa préparation.

2.5. Pierre comme matériau dans la construction des murs et dans les fondations

Pour les fondations et les murs des parties souterraines des bâtiments, on utilise des pierres brutes, concassées, sillées dans les roches éruptives, sédimentaires ou métamorphiques mais de haute densité. Le coefficient de ramollissement de la pierre utilisée dans ce cas, il doit être ≥ 0.7 . Pour les fondations et les murs souterrains, les pierres doivent être homogènes, sans trace d'altération d'argile et sans fissure, ni stratification. Ce sont les moellons de rivière qui sont recommandés pour ce travail. Les calcaires employés dans la fabrication des pierres murailles sont caractérisés par le poids volumétrique autour de 900-2200Kgf/m³, une résistance à la rupture par compression à 500Kgf/cm² et un coefficient de ramollissement assez élevé ≥ 0.6 .

2.6. Pierre comme élément d'architecture

Les plaques et les pierres de parement, les éléments d'escalier, etc sont confectionnés à l'aide des blocs en pierres naturelles, concassées ou sciées et travaillées ensuite grâce aux différents mécanismes. Les pierres employées pour la fabrication des blocs doivent avoir une résistance à la rupture par compression élevée et un coefficient de rupture très élevé.

2.7. Pierre comme élément matériau destiné à la construction des routes

On utilise le pavé, cailloux roulés, la pierre concassée, le sable et la poudre minérale. Tous les matériaux ou éléments sont obtenus à partir des roches éruptives et sédimentaires.

Ces pierres doivent avoir un coefficient de ramollissement très élevé (au-delà de 0.9). L'absorption de l'eau doit être très faible et le poids volumique doit être aussi élevé ($\geq 1200 \text{Kg/m}^3$). La résistance aussi à la compression doit être très élevée.

2.8. Les sables

On appelle sable, un mélange meuble de grains de 0.63 mm à 5mm de diamètre formé par destruction naturelle des roches massives.

En plus des sables naturels, on a aussi les sables obtenus par broyage ou granulation des laitiers sidérurgiques. On trouve les sables naturels dans le sol en couche plus ou moins épaisse et à plus ou moins grande profondeur dans les lits de rivière, au fond des mers, etc.

Suivant le caractère minéralogique, le sable peut être classé comme suit :

- Sables siliceux
- Sables calcaires
- Sables granitiques

Suivant la composition granulométrique, les sables peuvent être groupés en :

- Sables fins (0.63-1mm)
- Sables moyens (1-2mm)
- Sables gros (2-4.5mm)

Le poids d'un sable siliceux est d'environ 2.6 Kg/m^3 et le poids volumétrique est de 1.4 Kg/cm^3 . Des oxydes métalliques colorent souvent les sables et leur donnent des teintes jaunâtres, verdâtres, rougeâtres. Un beau sable de maçonnerie doit être graveleux, crissant sous la main, ne s'y attache pas et ne tâche pas.

En plus du poids spécifique que l'on doit connaître, on doit connaître si un sable contient ou pas de matières terreuses. On le constate et on en détermine le pourcentage en procédant aux essais. On agite un mélange de sable et d'eau dans un verre gradué et on laisse reposer le mélange. Le sable se précipite et les matières terreuses se décantent naturellement. L'essai que l'on fait le plus souvent pour déterminer la qualité du sable est **l'équivalent du stable (Es)**. Il est basé sur la détermination de la quantité véritable de sable plus ou moins souillé contenue dans un mélange. On lave le mélange énergétiquement de manière à séparer les matières fines de sable. L'équivalent de sable optimum est 100 pour le béton de bonne qualité, on ne doit pas descendre en dessous de $Es=80$

$$Es = \frac{H_2}{H_1} \times 100$$

Notons qu'on utilise les sables pour la confection des mortiers et bétons. Le sable donne à ces mélanges la résistance nécessaire, facilite la prise du liant en contribuant à la pénétration du CO_2 et diminue aussi le phénomène de retrait.

Es à vue	Es à piston	Nature et qualité du sable
<65	<60	Sable argileux : A rejeter pour les bétons de bonne qualité
$65 \leq Es < 75$	$60 \leq Es < 70$	Sable légèrement argileux : Admissible pour les bétons de qualité courante
$75 \leq Es < 85$	$70 \leq Es < 80$	Sable propre (Convient parfaitement pour les bétons de haute qualité)
≥ 85	≥ 80	Sable très propre : Absence de fines argileuses

CHAP IV : LES MORTIERS ET BETONS

On appelle béton, toute pierre artificielle obtenue grâce au durcissement d'un mélange de liant, d'eau et d'agrégats (granulat), sable, liant (ciment), plâtres, chaux, ...

Les natures du béton sont formées par les grains de sable et de gravier. La masse plastique est formée par le ciment et l'eau et c'est cette masse qui enrobe les grains de sable et du gravier et joue le rôle de lubrifiant.

La nature du béton est formée par les grains de sables et de gravier. La masse plastique formée par le ciment et l'eau et c'est cette masse qui enrobe les grains de sable et du gravier, remplit les vides compris entre les grains de sable et du gravier et joue le rôle de lubrifiants des agrégats en communiquant aux bétons sa fluidité. En durcissant, la pâte de ciment fixe les grains du granulat et forme le béton ou les mortiers. D'après sa composition, le mortier est un béton à grains fins. Le béton et le mortier sont des matériaux très importants dans le domaine de construction. Ils sont classés suivant le poids volumique, la nature du liant ou les propriétés physico-mécaniques.

- **D'après le poids volumique, on distingue :**

- ✓ Béton extra-lourd : $\gamma_v > 2500 \text{ kgf/m}^3$
- ✓ Béton lourd : $\gamma_v = 1800-2500 \text{ kgf/m}^3$
- ✓ Béton léger : $\gamma_v = 500-1800 \text{ kgf/m}^3$
- ✓ Béton très léger : $\gamma_v < 500 \text{ kgf/m}^3$
- ✓ Mortier lourd : $\gamma_v > 1500 \text{ kgf/m}^3$
- ✓ Mortier léger : $\gamma_v > 1500 \text{ kgf/m}^3$

- **D'après la nature des liants :**

- ✓ Béton de ciment
- ✓ Béton de silicate
- ✓ Béton de plâtre
- ✓ Béton aux liants hydrauliques
- ✓ Mortiers de ciment
- ✓ Mortiers de chaux
- ✓ Mortiers de plâtre
- ✓ Mortiers mixtes

- **Suivant la destination :**

- ✓ Bétons ordinaires ou courants utilisés pour les éléments de construction en béton et en béton armé comme les poteaux, poutres, dalle...
- ✓ Béton hydrauliques utilisés dans la construction des barrages, revêtements de la canalisation, etc.

- ✓ Bétons de destination spéciale : béton anti-acide, béton pour la protection biologique avec une masse volumique très élevée en général.
- ✓ Mortier de maçonnerie : mortier destiné à la pose des murs en pierres ou en briques, maçonnerie de gros éléments, etc....
- ✓ Mortier de finition : destiné à la confection des enduits des éléments d'architectures (on doit avoir un sable fin, coloré...)
- ✓ Mortiers spéciaux : utilisés pour la protection biologique ou isolation acoustique.

4.1. LES BETONS

Le béton est caractérisé par :

- La résistance à l'écrasement (à la compression) par son imperméabilité et par son retrait. Ses caractéristiques sont fonction **de la nature des éléments qui entrent dans leur constitution, de la dimension des agrégats, de la proportion de gâchage, % des éléments constituant et en quelques sortes aussi du soin apporté à sa suive en œuvre.** On n'obtient de résistance différente que lorsqu'on utilise le choix du ciment Portland ou un autre type de liant. La résistance moyenne à la compression à 90 jours est de 30Kgf/cm² pour le béton de chaux.
- Pour le béton de ciment :
 - ✓ A un dosage de 300Kg de ciment/m³ de béton : $R_C=160-215\text{Kgf/cm}^2$
 - ✓ A un dosage de 350Kg de ciment/m³ de béton : $R_C=180-235\text{Kgf/cm}^2$
 - ✓ A un dosage de 400Kg de ciment/m³ de béton : $R_C=200-250\text{Kgf/cm}^2$

Le dosage est exprimé en poids lorsqu'on fait le mélange direct du liant et des agrégats. Le dosage le plus courant du ciment pour les bétons sont de 150 à 300kg f/m³ pour les bétons de grosse masse, autour de 250kg de ciment /m³ de béton pour le BA de forte épaisseur et plus de 400kg de ciment pour les travaux qui s'effectuent en mer.

Destination	Densité : 2,2 dosage du liant kg/m ³ (ciment portland)	Sable fin 0/2(L) densité=1,6	Sable gros 0/5 (L) Densité=1,6	Gravillon 5/20 (L) Densité= 1,7	Eau (L)
Béton de propriété	150	-	570	800	85
Béton courant (clôture, regard, ...)	250	-	600	725	125
Béton de fondation	300	-	515	770	145
Béton armé (poteaux, poutres)	350	-	500	800	170
Chape sur le sol béton	300	400	840	-	145
Chape lissée (revêtement définitif)	400	400	800	-	195
Assemblage de briques	400	860	240		200
Mortier par rejointement	350	1100	-	-	180
1 ^{ère} couche gobetis de 3 à 5mm	450	1100	-	-	240
2 ^{ème} couche-corps de 12mm	30	1100	-	-	225
3 ^{ème} couche-finition de 8mm	30	1200	-	-	175

La résistance d'un béton est d'autant plus élevée que le dosage en ciment est important mais l'augmentation du dosage en ciment augmente les risques de retrait et de fissuration du béton. A la résistance équivalente, le dosage en ciment peut être diminué si la dimension des granulats est élevée.

Les granulats ne doivent pas comporter une proportion trop grande de grains, trop plats ou trop longs. La classe granulométrique est déterminée par 2 dimensions :

- ✓ d_0 : Diamètre du plus petit grain
- ✓ d_u : Diamètre du plus gros grain

Par définition, un granulat est de classe d_0/d_u . Par exemple, on note : 4/8 ; 8/16 ; 16/25.....La granularité d'un grain est caractérisé par sa courbe granulométrique déterminée par analyse au moyen de tamisages successifs. La forme de la courbe granulométrique renseigne sur la composition d'un granulat qui peut être riche en gros ou fins éléments.

La proportion relative du sable et du gravier doit être telle que le béton présente une homogénéité satisfaisante sans aucun risque de ségrégation. Pour cela, on emploie le coefficient G/S généralement, qui comme étant égal à 2 mais qui varie entre 1.5-2.4. Avec un G/S élevé, on a une résistance mécanique du béton très élevée mais il y a risque de ségrégation et la mise en œuvre du béton est difficile. Avec un G/S diminué, on a des bétons très plastiques où la mise en œuvre est facile mais la résistance mécanique est faible.

Pour le béton normal utilisé dans la confection du BA, on utilise généralement un G/S compris entre 1.8 et 2. Une fois que le rapport G/S ainsi que le dosage en ciment, on peut définir les quantités de gravier et de sable en tenant compte que du fait du poids total du béton doit être égal au poids du mètre cube du béton mis en œuvre.

⇒ L'eau de gâchage

L'eau doit être propre et ne doit pas contenir plus de 5g/l des matières en suspension. Elle ne doit pas contenir non plus de 35g/l de matières et sels solubles. L'eau salée n'est pas utilisée comme eau de gâchage. Toute eau de qualité douteuse doit être soumise à une analyse avant son emploi. Le dosage en eau est fixé pour les granulats supposés secs et pour 1 m³ de béton en œuvre. Si les granulats employés contiennent une certaine quantité d'eau, cette quantité doit être évaluée et déduite de la quantité totale prévue.

C'est toujours l'essai qui détermine la quantité d'eau à user en pratique. C'est la plasticité du béton qui détermine le dosage en eau. Pour le béton avec un dosage en ciment de 300 à 400kg/m³ de béton, on peut adopter un dosage en eau totale sur des granulats secs tels que $0.4 \leq E/C \leq 0.6$.

En pratique on prend le rapport $E/C = 0.5$. Si le béton n'est pas suffisamment plastique, on peut augmenter la quantité d'eau, sinon on la réduit.

Pour des bétons fermes et très fermes, le rapport $E/C < 0.5$ et pour des bétons mous et très plastiques, le rapport $E/C > 0.5$.

4.2. Les mortiers

Le liant est soit le ciment, la chaux. On utilise principalement le sable quartzeux (siliceux) et de préférence celui de rivière. La quantité du liant à introduire dans un mélange de sable est en principe égal à celle des vides dans le sable et s'exprime en poids.

$D = \gamma \times v$ et v volume des vides et D quantité du liant

A la valeur de D trouvée, on fait une majoration de 10%. On parle d'un mortier gras ou maigre selon que le dosage est plus ou moins élevé par rapport au dosage normal.

Pour les mortiers de chaux, le dosage est volumétrique c'est-à-dire 1 volume de chaux pour 2 volumes de sable.

Pour la chaux hydraulique, toute fois, le dosage est déterminé en poids.

Pour les mortiers mixtes, la chaux utilisée doit être la chaux éteinte.

Le sable utilisé dans les mortiers ne doit être ni trop fin, ni trop gros. Le sable convenable est celui de classe 0.5/2mm. On peut dire que la meilleure compacité est obtenue avec un sable contenant 2/3 de gros grains et 1/3 de grains fins (C'est la composition de sable qui exige le moins de liants possibles).

CHAP V : MATERIAUX METALLIQUES

Le niveau de développement d'un pays est souvent lié au développement de la sidérurgie. Plus on produit des métaux, plus on peut produire les machines, les automobiles, construire à moindre frais etc.

En construction, les métaux les plus employés est l'acier et la fonte mais on trouve également l'Al, zn. L'utilisation des métaux en construction est due à leurs propriétés qui sont :

- La haute résistance
- La plasticité
- La conductibilité thermique élevée
- La conductibilité électrique et surtout un assemblage facilité par soudage ou boulonnage

Sous l'action de gaz et de l'eau, les métaux se prêtent fortement à la corrosion et se déforment sensiblement avec l'augmentation de la température.

Le métal le plus utilisé en construction est le fer associé au carbone. Suivant la teneur en carbone, le fer donne les aciers ou la fonte avec une teneur en carbone de 2-4%. Contrairement à l'acier qui est plastique, la fonte est plutôt fragile. L'acier est donc un alliage en fer-carbone, très utilisé en construction grâce à ses propriétés (qualités technologiques)

Les métaux et les alliages non ferreux se subdivisent suivant le poids spécifique, en métaux et alliage léger et en métaux et alliage lourd. Les métaux et alliages léger ont pour base généralement l'Al et le Mg tandis que les métaux et alliage lourd ont pour base le cu, zn, Pb, Ni, etc

L'acier utilisé peut-être placé en 4 catégories :

- Les barres lisses
- Les barres à haute adhérence
- Les profilés
- Les treillis soudés

La barre lisse doit avoir une limite d'élasticité \leq à 3000 bars pour être utilisée en BA. Les barres à haute adhérence sont du profil géométrique spécial. Elles présentent une nuance mi-dure ou dure obtenue par une comparution appropriée ou par un écrouissage à froid et torsion ou étirage.

Les treillis soudés sont généralement constitués des fils tréfilés en nuance nudée. Les profilés sont utilisés pour la fabrication des ouvertures, les charpentes métalliques, les ponts.... Les treillis sont généralement utilisés des pièces mixtes fléchies dont la membrure tendue et l'âme sont en acier tandis que la membrure comprimée est un béton.

Les diamètres les plus couramment utilisés pour les barres sont :

➡ Ø5, Ø6, Ø7, Ø8, Ø10, Ø12, Ø16, Ø20, Ø25, Ø32, Ø40.

Les $\emptyset 10$ présentent l'avantage important de pouvoir être distingués à l'œil nu sur un chantier.

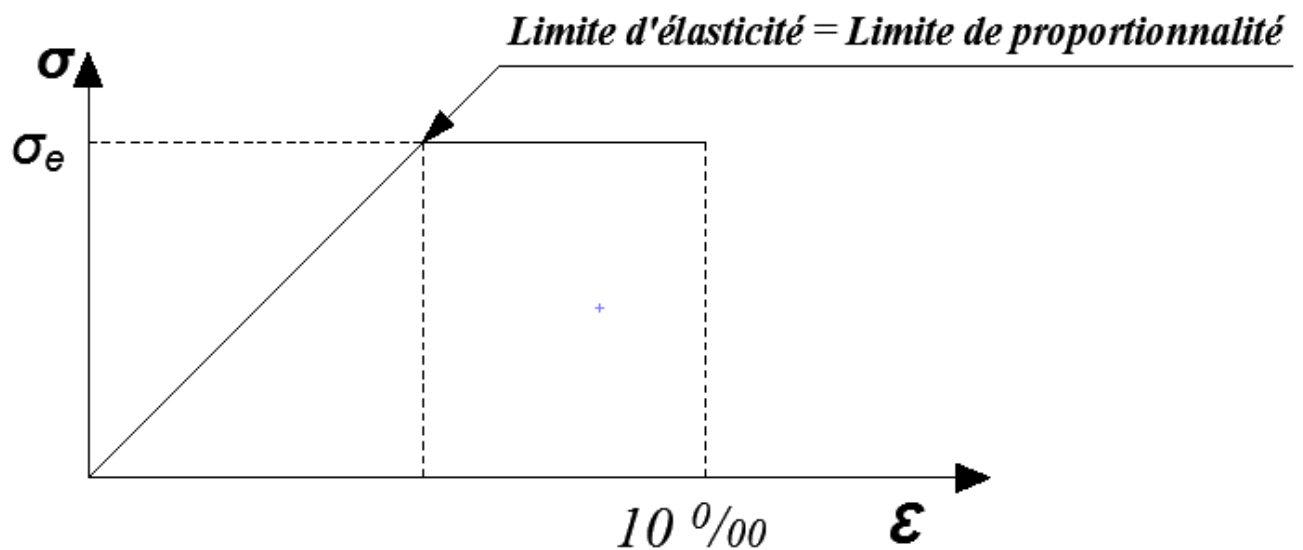
Par ailleurs, la section correspondant à chaque diamètre est à peu près égale à la section totale de 2 barres de \emptyset immédiatement $<$. En plus de cela, on tolère également 5 autres \emptyset : $\emptyset 14$, $\emptyset 18$, $\emptyset 22$, $\emptyset 28$, et $\emptyset 30$.

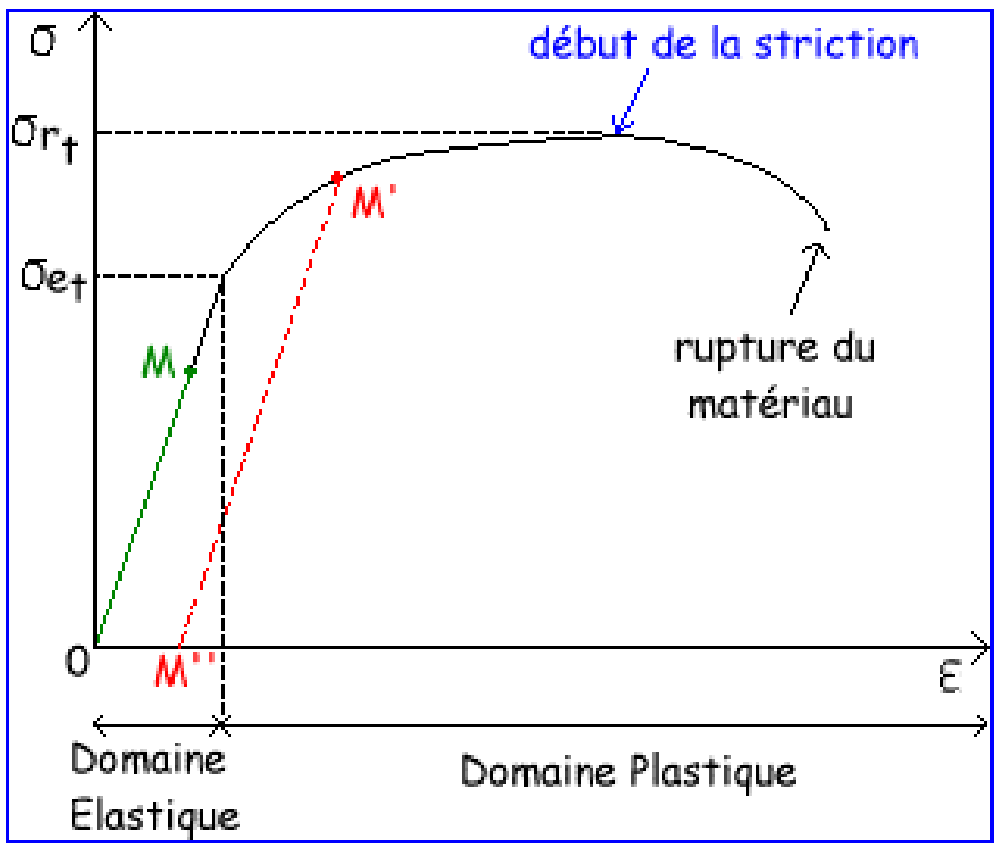
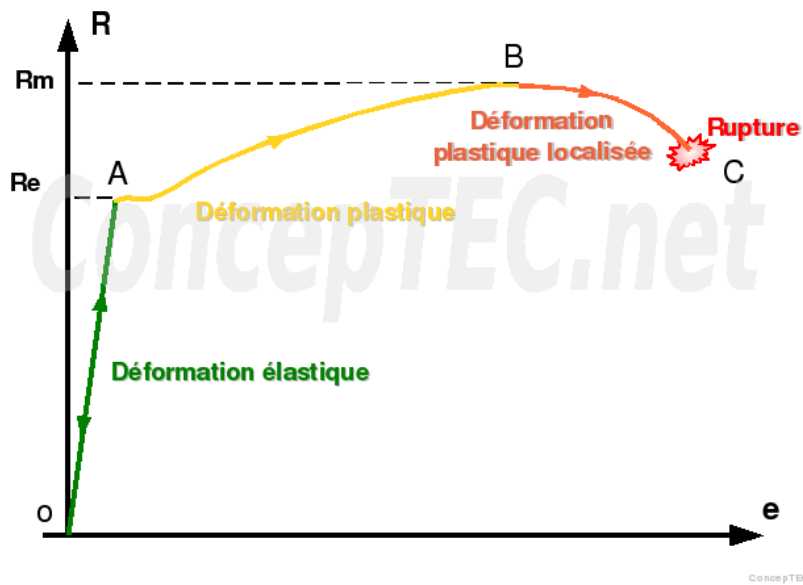
Sur un même chantier, il faut éviter d'employer $\emptyset 14$ et $\emptyset 12$ à la fois $\emptyset 18$ et $\emptyset 16$ à la fois $\emptyset 22$ et $\emptyset 20$ à la fois parce que l'on risque de les confondre et de ne pas satisfaire la résistance souhaitée.

L'acier est caractérisé par :

- Sa limite d'élasticité et son diagramme de traction jusqu'à un allongement unitaire de 10 pour 1000
- Pour la limite d'élasticité de l'acier, on parle de la limite d'élasticité apparente dans le cas des aciers doux et la limite d'élasticité conventionnelle jusqu'à 0,2% d'allongement permanent pour les aciers écrouis (à haute adhérence)

Le diagramme type de traction des aciers est supposé défini de droite de Hooke entre l'origine et le point dont l'ordonnée égale à la limite d'élasticité supposée confondue avec la limite de proportionnalité et par après par une droite parallèle à l'axe des abscisses.





CHAP VII : MATERIAUX CALORIFUGES ET PHONIQUES

7.1. Matériaux calorifuges

Ils sont destinés à la protection contre la chaleur. Ce sont généralement des matériaux très poreux dont le poids volumique est $\leq 0.7\text{tf/m}^3$. Le coefficient de conductibilité thermique doit être $< 0.18\text{Kcal/mh}^0\text{C}$. Ces matériaux ont une importance capitale dans les pays qui connaissent l'hiver ou dans les pays très chauds parce que leur utilisation permet de réduire la quantité de combustibles utilisés dans le chauffage des bâtiments et de réduire l'énergie électrique pour la ventilation. Les matériaux calorifuges se distinguent par le type de structure, la matière et les indices du poids volumique.

- Suivant **la structure**, on distingue :
 - Les matériaux rigides (briques, tiges de roseaux, etc)
 - Les matériaux flexibles (les nattes, les feuilles...)
 - Les matériaux fiabes (matériaux fibreux, pulvérulents et les matériaux granuleux)
- Suivant **la nature de la matière première** :
 - Les matériaux organiques, inorganiques et mixtes
- Suivant **les indices du poids volumique**, on a plusieurs catégories des matériaux. Le poids volumique des matériaux calorifuges varie de 15 - 700Kgf/m³.

A l'état sec, le poids volumique calorifuges ne doit pas dépasser 700Kgf/m³. Ces matériaux ne doivent pas dégager des substances nuisibles à la santé humaine, aux produits alimentaires, aux matériaux environnants, etc.

Pour des surfaces chaudes des usines, on n'emploie que des matériaux isolants inorganiques.

- **Matériaux organiques** : Bitume, goudron, pétrole, charbon, tourbe, le bois (La présence du carbone)
- **Matériaux inorganiques** : Chaux, calcaire, graviers, sable (éléments inertes).

L'isolation thermique de l'équipement industriel, de la tuyauterie se fait avec les matériaux de poids volumique $< 0.4\text{tf/m}^3$

7.2. Matériaux phoniques

De la physique, on sait que le son est un mouvement oscillatoire des particules d'un milieu élastique se propageant en forme d'ondes. Le son susceptible par l'homme est limité aux fréquences de 1500 Hz - 20 000 Hz.

L'intensité du son est la quantité d'énergie transportée par l'onde sonore par unité de temps à travers une section normale à la direction de propagation du son. Cette intensité est mesurée en décibels (dB). La vitesse de propagation du son dans l'air à une température de plus ou moins 15°C est environ 340m/s.

Dans les bâtiments, les bruits sont très différents d'après leur nature. Ils peuvent être audibles ou inaudibles aériens ou d'impact. L'action durable d'un bruit audible sur l'ouïe surtout quand il s'agit d'un bruit de haute résistance et nuisible à la santé humaine. Aussi, l'action d'un ultra son non audible est nuisible à la santé humaine.

A l'intérieur de la maison, le niveau de bruits baisse sensiblement si on a tenu compte des méthodes de l'acoustique architectural lors de la construction. La capacité d'un matériau de laisser passer un son caractérise sa perméabilité aux sons et son isolation phonique ou acoustique.

On distingue :

- Les matériaux acoustiques absorbants
- Les matériaux acoustiques isolants

- **Les matériaux acoustiques isolants**

Ils sont employés sous forme de couche isolante dans les planchers, les cloisons, les murs et toute autre partie du bâtiment afin d'amortir les bruits d'impact transmis à travers les planchers, les vibrations, etc.

Ces matériaux peuvent se trouver dans les éléments de construction à l'état libre ou suspendu (Ex : fixation des panneaux de plafonds avec une intercalation de l'air). Ils peuvent aussi être à l'état comprimé comme par exemple les panneaux acoustiques qui sont le plafond et les éléments du plancher. Les matériaux acoustiques isolants sont principalement des matériaux plastiques : nattes et panneaux semi-rigides en ouate minérale, des panneaux isolants en fibre de bois, les couches de carton enveloppées dans papiers hydrofuges. Tous ces matériaux assurent l'isolation phonique du plancher en BA de 35 à 40dB.

- **Les matériaux acoustiques absorbants**

Ils sont employés pour la finition intérieure des locaux dans le but d'améliorer leurs propriétés acoustiques. La capacité d'un matériau d'absorber l'énergie sonore est caractérisée par le coefficient d'absorption acoustique dont l'unité conventionnelle est l'absorption du son par m² de fenêtres ouvertes.

On distingue :

- Les matériaux acoustiques poreux (béton cellulaire)
- Les matériaux acoustiques poreux élastiques (panneau en verre par exemple)
- Les matériaux acoustiques membranés (panneaux de fibres de bois, tissus imperméables au son, carton solide, etc)

Les matériaux acoustiques perforés (panneaux et dalles à trous symétriques de mêmes diamètres, panneaux et dalles à trous désordonnés de diamètres différents.

Les matériaux absorbants et éléments absorbants sont employés pour revêtir les locaux qui demandent d'abaisser le niveau de bruits (Ex : Atelier de production, restaurant, salle de cinéma, etc). Ils sont employés également pour créer des conditions acoustiques spéciales (salles cinématographiques, studio de radio diffusion, ...)

CHAP VIII : MATERIAUX DE CONSTRUCTION FABRIQUES OU CONFECTIONNES A L'AIDE DES LIANTS ORGANIQUES

8.1. Bitumes

Ils sont composés d'un mélange d'hydrocarbure macromoléculaire des séries méthaniques et benzéniques et de leurs dérivés d'oxygène et de soufre.

- On a des bitumes naturels et de bitume de pétrole **suivant la matière première** ;
- **Suivant la viscosité à la température de 18°C à 20°C**, on a les bitumes solides, semi-solides et liquides ;
- **Suivant la destination**, on a des bitumes routiers, de construction et de toiture.

Un bitume naturel est une substance organique noire ou brune foncée et est formé de pétrole résultant de l'évacuation lente de fraction légère de ces produits et par suite d'une oxydation ou d'une polymérisation.

Le bitume chauffé se ramollit et devient liquide et durcit lors du refroidissement. Il est insoluble dans l'eau, il se dissout facilement dans le benzène mais se dissout difficilement dans l'essence.

Les roches bitumineuses qui sont souvent des calcaires et des dolomites dont on n'a pas extrait le bitume sont utilisés sous forme de poudre pour la fabrication des bétons et mastiques d'asphalte. Les bitumes artificiels ou de pétrole sont des produits de traitement du pétrole et des résidus. Il est caractérisé par 2 propriétés principales :

- Viscosité
 - Plasticité
- La viscosité est mesurée **au pénétromètre**. On appelle émulsion, le système dispersé de 2 corps qui ne se mélangent pas et dont l'un se trouve dans l'autre à l'état finement broyé : on parle **du milieu dispersé**. La pénétration est exprimée en degré et désignée par P25 (c'est-à-dire la pénétration autour de 25°C : $1^0=1/10\text{mm}$).
 - La plasticité du bitume est caractérisée par l'extensibilité déterminée à l'aide du **ductilomètre**. L'essai est effectué à la vitesse de 5 Cm/min et à la température de 25°C et 0°C.
 - La température de ramollissement est déterminée à l'appareil **Bille et anneau**.

8.2. Goudrons

Ce sont des liquides visqueux noirs composés d'hydrocarbures et leurs dérivés avec une certaine teneur en soufre, en azote et en oxygène. Les goudrons sont obtenus au niveau des houilles, du charbon, de la tourbe et des restes du bois.

On distingue :

- Les goudrons de haute température (900°C-950°C)
- Les goudrons de basse température (450°C-600°C)
- Les goudrons de gaz formés lors de la gazéification des combustibles dans la fabrication du gaz d'éclairage. Les propriétés du goudron sont semblables à celles du bitume. Il s'agit de la température de ramollissement, la viscosité et la plasticité.

8.3. Mastiques

Elles sont formées de liants organiques et d'agrégats. Ces agrégats sont utilisés pour augmenter la résistance thermique, diminuer la fragilité des mastiques et pour réduire la consommation des liants.

Comme agrégat, on utilise la dolomie broyée, le calcaire broyé, le talc, le ciment, l'Asbest,....

Suivant l'**utilisation des mastiques**, on peut distinguer 3 types :

- Mastiques collants
- Mastiques de toiture
- Mastiques hydrofuges asthmatiques

Les mastiques collants servent au collage des matériaux sous forme de rouleaux lors de construction de revêtement de toiture et servent également à l'isolation hydrofuge.

CHAPITRE IX : LE BOIS

Le bois est un tissu végétal (xylème). Il joue un double rôle chez les plantes vasculaires :

- Conducteur de la sève brute et tissu de soutien qui donne la résistance à la tige. C'est un matériau apprécié pour ces propriétés mécaniques pour son pouvoir calorifique et une matière première pour l'Industrie chaque fois que l'on tire principalement du tronc des arbres et des branches.
- Le bois a de nombreux usages dans le bâtiment et industrie et en tant que combustible. Le bois signifie aussi le lieu planté d'arbres.

9.1. Les caractéristiques du bois

9.1.1. Structures

Le bois est composé de types de tissus de végétaux, les fibres parenchymes de réserves.

- **Fibres:** ce sont des faisceaux des cellules résistantes disposées dans le sens axial, qui assurent la rigidité et la résistance mécanique. Il est constitué de cellulose (40 à 50%) d'hémicellulose (15 à 25%) et de lignine (20 à 70%).
- **Le tissu vasculaire:** il est constitué de faisceaux qui sont des cellules creuses qui servent à conduire la sève brute depuis les racines jusqu'aux feuilles. Ces vaisseaux sont souvent associés à des cellules parenchymateuses (parenchymes) qui contribuent au transfert des nutriments.
- **Rayon ligneux:** ce sont des cellules de réserve (parenchymes à paroi épaisse et lignifiée qui accompagnent le tissu vasculaire).

Ces cellules participent en outre à la fonction de soutien. Leur orientation est transversale et rayonnante en partant de l'axe longitudinal de chaque arbre.

9.1.2. Composition chimique

Elle est élémentaire et résulte de l'analyse brute du bois abattu dans les CNTP. On a pu constater en comparant les résultats obtenus avec un grand nombre d'essences forestières, une certaine constance dans ces résultats et on peut admettre les chiffres souvent représentant un poids d'une composition même :

1°) 40% d'eau (il s'agit d'arbre récemment abattu) : non écorcé en faisant intervenir non seulement le poids du tronc mais également celui des branches.

2°) 1% des cendres : on fait brûler complètement la sciure dans une flamme très chaude et on recueille le résidu solide formé uniquement par la partie non combustible.

3°) 59% de produits élémentaires : il s'agit de l'O₂, hydrogène, azote, etc.

Exemple : Hêtre : - 40% d'eau

- 0,65% de cendres

- 59,35% de produits élémentaires

9.1.3. Propriétés physiques

- **Résilience**
- **Résistance à la traction et à la compression**
- **Elasticité**
- **Densité:** la densité du bois est généralement < 1 en raison des vides dans sa structure. Elle varie fortement en fonction de son degré d'humidité. Elle dépend de l'essence et aussi de la station. C'est le paramètre le plus important pour caractériser un bois.
- **La durabilité:** dès qu'il s'agit d'un matériau d'ions dégradables, le bois peut durer dans certaines conditions plusieurs siècles comme en témoignent certaines charpentes de monuments anciens. Les paramètres favorables à la durabilité du bois sont: **le maintien en aspect, en atmosphère sèche, la densité élevée, la composition climatique.**

Le bois de cœur est plus durable d'aubier qui est plus riche en matières fermentescibles. Parmi les espèces les plus durables, on a : cèdre, le mélèze, le séquoia, le chêne, châtaigner, eucalyptus, etc. Parmi les moins durables, on a : sapin, l'épicéa, le peuplier, etc.

- **Rétractibilité**
- **Propriétés isolantes**

9.1.4. Altérations du bois

- **Les champignons (attaques):** Ils s'attaquent principalement à la lignine du bois mais ils peuvent aussi dégrader la cellulose. Ils attaquent le bois lorsqu'il contient plus de 20% d'humidité. Le bois sec (moins de 20% d'humidité) n'est jamais attaqué par les champignons.
- **Attaques d'insectes xylophages :** De nombreux insectes s'attaquent sur bois, qu'ils soient sur bois, pieds en grumes après l'abattage en grumes après l'abattage en forêt ou sec une fois mise en œuvre. Ce sont des larves qui creusent des galeries dans les bois. Les insectes adultes pondent dans le bois et les larves se développent dans celui –ci en mangeant ses composants. Au stade ultime de son développement, la larve devient adulte et sort de son habitat pour se reproduire. C'est à ce moment précis que l'insecte creuse le trou de sortie que l'on voit sur les bois attaqués.

En général, lorsqu'on constate que sur les bois vermoulus l'attaque est terminée ; la taille, la géométrie et la nature des vermoulores permettent de définir que l'insecte a attaqué le bois. On lutte contre les insectes par l'application d'insecticides, le trempage, la pulvérisation, ... (**il s'agit d'une lutte préventive**).

Pour la **démarche curative**, deux cas sont possibles :

- Soit le bois s'emploie mécaniquement viable et dans ce cas un traitement peut être appliqué, il peut s'agir d'injection ou pulvérisation après sablage.
- Soit les bois sont très attaqués et il faudra le remplacer et brûler les bois infectés.

9.2. Défauts naturels du bois :

Parmi les défauts du bois, on peut citer :

➡ **L'excentricité du cœur, poche de résine, le cœur noir ou rouge, irrégularité des couches annuelles ...**

9.3. Utilisation du bois

En construction, le bois peut être utilisé sous forme de rondins du diamètre minimal de 14cm, longueur = 4 - 5m en général.

Les rondins sont utilisés :

- Dans la construction des ponts (diamètre minimal : 22cm, $L \geq 6,5m$)
- Pour servir les poteaux électriques, traverses des chemins de fer, support des maisons, ...
- Le bois peut être utilisé également sous forme sciée : planches, madriers, chevrons, ...
- Les bois contre plaques : huisseries, décollation (portes et fenêtres)

En plus de la construction, il est également utilisé pour la production d'énergie après la combustion. **L'utilisation du bois comme combustible est sa première utilisation au niveau mondiale.** Le bois est également utilisé dans l'industrie (pâte à papier, panneau de fibre et de particules, laine de bois, ... Il est aussi utilisé dans la médecine et dans l'art...

CHAPITRE X : LES PEINTURES

Les peintures sont des compositions naturelles ou synthétiques que l'on pose sur la surface à l'état liquide en couche mince filmant des films durs. Les films sont compacts et adhèrent bien à la surface. Leur épaisseur varie de 60-500 micromètre.

10.1. Propriétés

Les peintures doivent être suffisamment résistantes et conserver pendant longtemps leurs propriétés mécaniques et avoir leurs qualités décoratives. Elles doivent être inoffensives pour les matériaux de la surface et pour les organismes vivants.

Elles peuvent être classées en 3 groupes :

- Peintures
 - Vernis
 - Matériaux auxiliaires
- ✚ Les peintures servent à la création d'une couche colorée, opaque, décorative et qui doit aussi avoir un rôle de protection.
 - ✚ Les vernis servent à la création d'une couche transparente et sont généralement utilisés pour la finition de la surface (sur le bois, briques, tuiles, ...)
 - ✚ Les matériaux auxiliaires servent à préparer la surface pour la peinture ou à donner aux peintures ou au vernis la consistance nécessaire. Ce sont des diluants d'émission, des huiles, des solvants, des matériaux de lavage qui jouent souvent le rôle des matériaux auxiliaires.

10.1.1. Les peintures

Elles sont composées de :

- Pigments
- Charges
- Liants

A. Les pigments

Les pigments et les charges ont pour but de donner aux compositions des peintures l'opacité, les meilleures qualités mécaniques et une longue durée d'exploitation.

Les pigments sont des substances colorées minérales d'organiques finement dispersées non solubles ou peu solubles dans l'eau et dans les solvants organiques. En qualité de pigment, on utilise des poudres métalliques.

On peut dire que **les propriétés communes à tous les pigments** sont :

- Le pouvoir couvrant
- Le pouvoir colorant
- La finesse
- La stabilité à la lumière, aux feux, aux actions chimiques
- La capacité anti-corrosive,

Les pigments peuvent être classés en trois catégories :

- Pigments naturels
- Pigments artificiels
- Pigments organiques

Les pigments minéraux naturels sont la craie naturelle broyée et de couleur blanche, l'argile avec une teneur en Fe_2O_3 très élevée (15% : oxyde de fer), minium de fer ($\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$) de couleur brun-rouge employé dans les peintures à la colle et à la chaux, graphite gris, le peroxyde de mn (mn_2O_5) de couleur noir également utilisé pour les peintures à chaux et à la colle.

Les pigments minéraux artificiels sont obtenus par traitement de chaque matière minérale. On a principalement :

- **Dioxyde de titane (TiO_2)** : c'est un pigment de couleur blanche extrait à partir des minerais de titane et on l'utilise dans la production des peintures à la colle ;
- **Les blancs des zincs** : on les utilise pour la fabrication des peintures à huile ;
- **Oxyde de chrome (Cr_2O_3)** : obtenu en chauffant un mélange broyé de bichromate de potassium avec un désoxydant (ex : charbon de bois). Ce pigment est de couleur verte résistant à l'action des acides, de la lumière et à l'action des hautes tensions. L' Cr_2O_3 est employé pratiquement dans toutes les sortes de peintures ;
- **La poudre dorée** : c'est une poudre de bronze qui est employée pour la fabrication des peintures décoratives des métaux. Les poudres métalliques sont en général utilisées avec les vernis.

Pigments organiques sont des substances synthétiques d'origine organique. Ils ont un pouvoir colorant très élevé. Ils sont insolubles ou peu solubles dans l'eau et dans d'autres solvants.

B. Les charges

Ce sont des substances minérales insolubles, le plus souvent de couleur blanche. Elles sont ajoutées dans les peintures et les vernis pour réduire la quantité du pigment et communiquer aux peintures et aux vernis des propriétés spéciales comme par exemple : La résistance mécanique élevée, la stabilité à la lumière, etc.

On utilise le kaolin, le talc broyé, sable ou quartzite broyé, asbest broyé.

C. Le liant

Suivant les liants, les peintures sont subdivisées en :

- Peinture à huile
- Peinture à la chaux
- Peinture à la colle
- Peinture aux polymères

Les liants utilisés pour la fabrication de la peinture sont donc :

- Huile: - Colle animale,
 - Colle végétale,
 - Colle synthétique
- On a aussi **la chaux aérienne** qui peut être utilisée seule ou associée aux polymères pour jouer le rôle de liant.

La colle animale est obtenue à partir des peaux, des pattes animales etc. Ces produits sont cuits et on obtient un produit collant qui est la colle animale.

Il existe 3 espèces de colles animales :

- colle en écaille
- Colle broyée
- Colle en bloque

Les colles animales utilisées dans la fabrication des armatures doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- Placées dans l'eau à l'état solide pendant 24 heures, ces colles doivent gonfler, ne pas avoir des dépôts des moisissures et ne doivent pas avoir d'odeur de pourriture. Pour obtenir un film de peinture normale, la consommation de colle solide ne doit pas dépasser 38g de colle pour 1kg de pigments.

La colle végétale est une poussière de farine provenant des déchets des minoteries. On peut ajouter aussi l'amidon. Celles sont employées comme liants pour les peintures de fond.

La colle artificielle est une solution de résine artificielle dans l'eau. Elle est souvent obtenue à partir des mélanges de carboxy-méthyl cellulose. Dans les peintures et les vernis, on trouve en plus des liants, des diluants et des solvants. Les diluants servent à diluer les peintures sèches minimales ou les peintures épaisses alors que les solvants sont des liquides servant à porter les compositions de la peinture à la consistance de travail.

On a aussi d'autres produits qu'on peut ajouter : comme les siccatifs qui servent à accélérer le durcissement de la peinture ou du vernis. Les siccatifs sont généralement des huiles, plomb, magnésium, ...

10.2. Composition des différentes peintures

- **Peinture à huile:** les pigments et les charges sont broyés ensemble dans une machine. A ce mélange, on ajoute du vernis aux huiles végétales. La quantité du pigment est comprise entre 30 et 50 % du mélange. La quantité de vernis est de 12 à 25%. Les peintures à huile doivent se dessécher en 24 h au maximum (à une température ambiante de 18% à 25%). Les peintures à huile de couleur noire peuvent se dessécher en 30 heures.

Les peintures à huile utilisées en constructions sont le blanc de Zn, vert de plomb et de Zn, minimum de fer surtout utilisé pour les peintures extérieures.

- Pour la **peinture à eau**, le diluant est l'eau

10.3. Vernis

Ce sont des liants obtenus à partir des huiles, qui une fois durcies, forment des films durs et élastiques. Les vernis sont secs au maximum après 24h et à la température ambiante.

Les vernis d'émaillage est un type spécial constitué d'une suspension de pigments minéraux d'organiques dans l'huile.

10.4. Les papiers peints

Ce sont de papiers sous forme de rouleaux qui forment sur un côté un dessin en couleur imprimées.

Les papiers peints sont employés dans les bâtiments pour la finition décorative des murs, pour l'isolation phonique des locaux et pour la protection intérieure des bâtiments. On distingue :

- Les papiers peints absorbant le son
- Les papiers peints lavables
- Les papiers peints ordinaires