

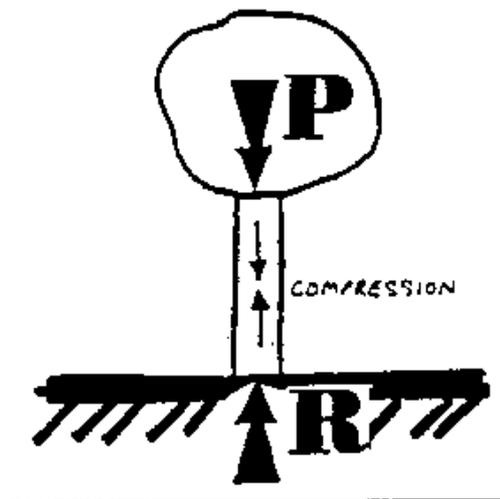
RESISTANCE DES MATERIAUX

Par: *Richard Bonneville**

Il s'agit ici, non pas d'un exposé technique, mais simplement d'une rapide description des principaux matériaux de construction: la pierre (de construction), le bois et le fer. Nous verrons quels types d'efforts ils subissent et comment ils réagissent aux efforts simples de compression ou de traction et aux efforts composés de flexion ou de flambement. Enfin on analysera les réactions du béton à ces efforts.

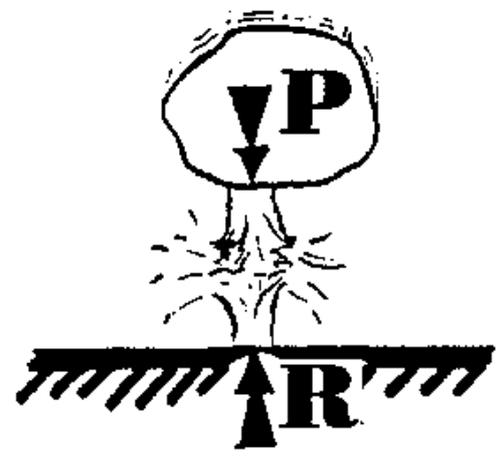
La compression

Les matériaux de construction subissent en tout premier lieu les effets du poids qu'ils supportent... et en particulier de leur propre poids. Ils réagissent dans la mesure où le sol offre une force de réaction (les matériaux ne s'enfoncent pas...). Selon leur nature ils réagissent différemment à ces deux forces opposées et exercées verticalement.



Le poids tend à écraser les matériaux, à les compresser. La qualité première des matériaux de construction est donc de résister à cette pression sans se déformer.

Sur la figure du haut, la résistance au poids (P) provoquée par la réaction du sol aux contraintes exercées (R) provoque dans le corps de la colonne des efforts de compression. La colonne résiste à la pression tant que les éléments qui la composent restent compacts.



Sur la figure du bas, dès que le poids fait perdre à la matière sa cohésion, en écartant les fibres d'une colonne de bois par exemple, la résistance maximum est dépassée. C'est aussi l'image de la pièce de métal prise entre le marteau et l'enclume qui s'épate un peu plus à chaque coup. La résistance de la colonne se mesure par sa capacité à supporter une charge sans se déformer.



Selon le type des matériaux qui composent la colonne et à dimensions égales (hauteur et diamètre), la résistance varie : une colonne de pierre supportera une charge plus grande qu'une colonne de bois et moins grande qu'une colonne de fer.

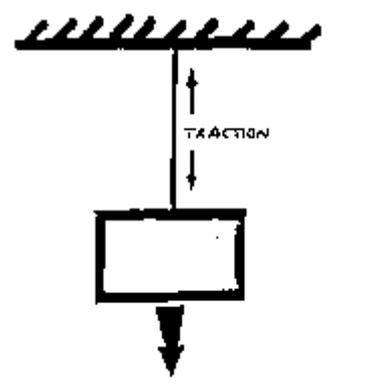
Chaque matériau possède donc un degré de résistance à la compression qui lui est propre. On peut les classer par ordre décroissant : le fer, la pierre, le bois.

La traction

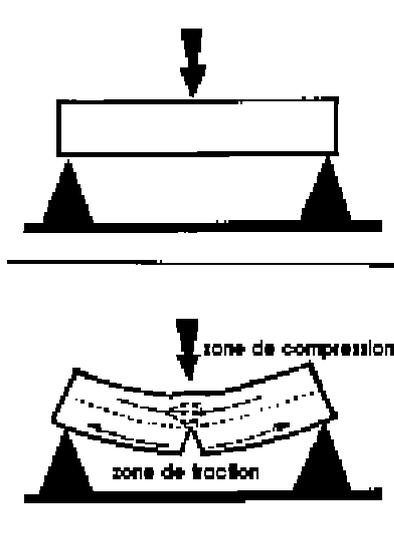
La résistance à la **traction**, c'est la capacité d'une pièce à résister à l'arrachement. Comme le fil de couture que l'on tire à chaque bout jusqu'à la rupture. En fait, c'est l'effort strictement opposé à celui de compression.

La traction pure n'intervient qu'assez rarement dans la construction : le câble de métal qui supporte le tablier d'un pont.

Les matériaux qui résistent bien à la pression ne résistent pas nécessairement aussi bien à la traction. Pour reprendre nos trois matériaux de base on placerait par ordre décroissant de résistance le fer (penser aux câbles, au fil de fer, au filin...), en second le bois et en dernier la roche.



La flexion



La **flexion** est en fait une composante des deux efforts précédents. La pièce qui résiste à un effort de flexion résiste en fait à des efforts de compression d'une part et à des efforts de traction d'autre part, comme le linteau en bois d'une porte par ex. (fig 4) : dans la partie haute de la poutre, les fibres de bois toutes parallèles, sont comprimées. Si on cessait l'effort, ces fibres repousseraient leurs extrémités pour se retrouver à l'horizontale, en situation d'équilibre.

En revanche, dans la partie basse, les fibres sont tendues, étirées. Elles résistent à des efforts de traction. Si on cessait l'effort, ces fibres tendraient à attirer leurs points vers le centre jusqu'à les remettre à plat.



Seule, la fibre centrale, est en position d'équilibre et n'est soumise à aucun effort. Pour qu'un matériau résiste bien à la flexion il lui faut donc une bonne résistance à la pression et à la traction. Le fer serait donc le matériaux le plus adapté : N° 1 pour ce qui est de la résistance à la traction et N°1 pour ce qui est de la résistance à la compression \Rightarrow N° 1 pour la résistance à la flexion.

L'usage du fer pour remplacer les matériaux de construction traditionnels devrait en toute logique être privilégié. Mais c'est compter sans le coût... ou les autres désavantages comme sa capacité à se dilater, sa très bonne conductivité à la chaleur entre autres, etc.

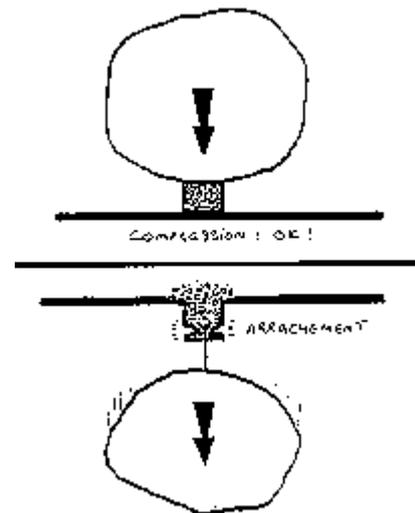
Nous sommes donc amenés à tenir compte d'autres facteurs que les strictes qualités de résistance pour choisir les matériaux. La pierre, peu coûteuse, donne d'excellents résultats à la compression. On peut donc l'utiliser dans toutes les parties d'ouvrage statiques : murs, fondations, et colonne dans certains cas...

Le béton

Qu'en est-il de sa résistance à la compression et à la traction ?

Le ciment n'offre que peu de résistance aux efforts quels qu'ils soient. Il est le liant du sable et du gravier. Le gravier (= pierre) offre quant à lui une très bonne résistance à la compression. Un bon béton est donc un excellent matériau de construction pour résister aux efforts de compression. Facile d'emploi, souple, rapide de mise en œuvre (comparé à la taille de pierres...), peu coûteux, etc. Il possède de très bons avantages qui en font un matériau d'usage courant sur les chantiers de construction aujourd'hui.

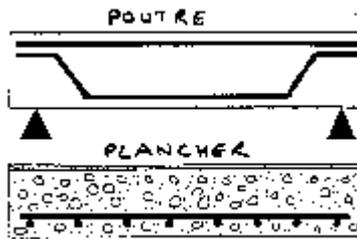
En revanche, sa résistance à la traction est très faible. Bien inférieure encore à la résistance des roches puisque dans le cas du béton c'est le mortier qui céderait en premier aux efforts d'arrachement. Cela en fait donc un matériau impropre à résister aux efforts de flexion puisqu'il s'agit de résister à la fois à la compression et à la traction.



Pour en faire des poutres ou des colonnes (qui se doivent de résister à la compression comme à la traction) on allie du fer au béton. Le fer apporte ses très bonnes qualités de résistance à la traction. Cela permet d'allier les qualités de l'un (béton \Rightarrow pression) avec les qualités de l'autre (fer \Rightarrow traction) en proportions telles que le coût final du produit reste satisfaisant (beaucoup de béton peu cher et peu de fer très cher).

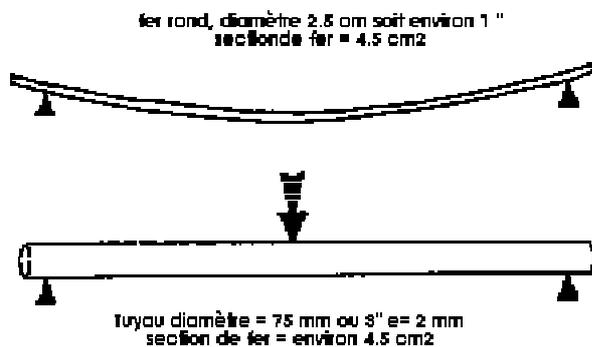
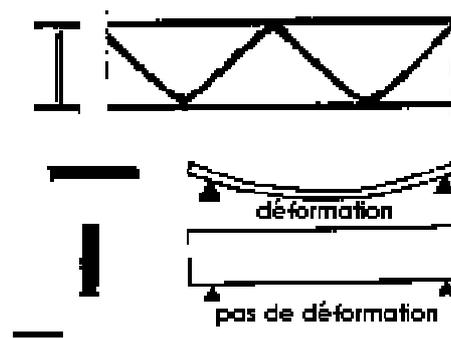


Le béton armé - la position des fers dans le béton



On a vu dans le cas de la poutre (horizontale) que la partie supérieure résiste à la compression donc le béton seul est suffisant. En revanche la partie inférieure doit résister à la traction. C'est donc dans cette partie qu'il faut placer le ferrailage.

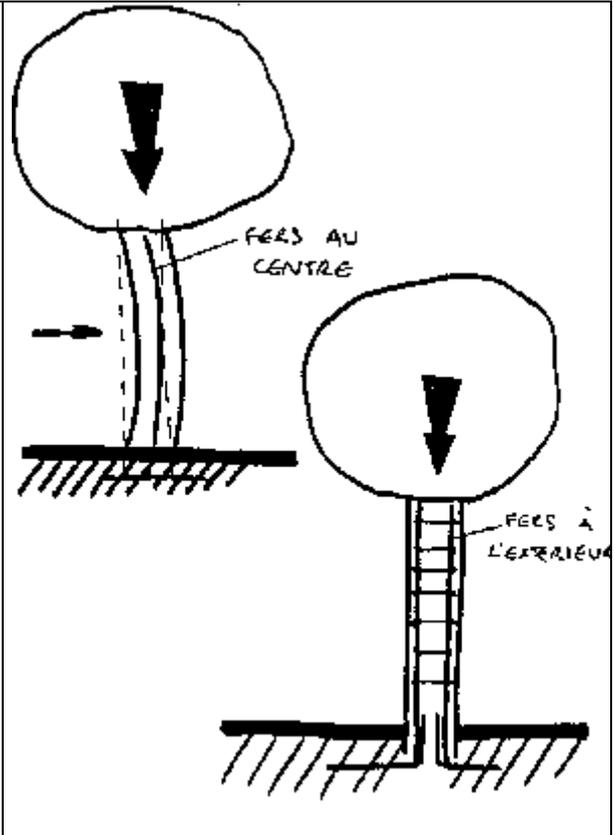
Une seconde règle de résistance des matériaux explique que c'est la matière placée au sommet et à la base de la poutre qui donne ses qualités de résistance. Il faut « écarter » la matière. Par exemple les poutres en métal sont ajourées au centre \Rightarrow la matière est repoussée sur les niveaux supérieurs et inférieurs. Une simple règle à dessin va se courber facilement dans le sens a) et sera nettement plus rigide dans le sens b). La matière est placée dans le sens des efforts.



Pour une masse de fer donnée, la répartition à l'extérieur est plus efficace. On peut comparer également une barre de fer rond de 2,4 cm de diamètre (1 pouce) avec un tuyau galvanisé de 90 mm intérieur (3'') et dont les parois feraient 2 mm d'épaisseur. La matière par unité de longueur est la même mais la résistance à la flexion n'est absolument pas comparable. La barre de 6 m est souple et se déforme sous l'effet de son propre poids en revanche le tuyau est capable de supporter une personne suspendue.



Dans le cas d'une colonne, le risque est le flambement. C'est l'effort qui pousse la colonne à se tordre, un peu comme une baleine de parapluie qui, coincée entre deux points qui exercent des forces opposées, se courbe comme un arc. Ce flambement est la conséquence d'une trop forte pression sur une colonne de section trop faible ou de hauteur trop importante. Pour limiter ce risque on place des fers sur la partie externe de la colonne (et non pas au centre où ils n'auraient que très peu d'utilité). A remarquer que les colonnes des temples grecs, en pierre de taille, n'étaient pas ferrillées. En revanche un rapport extrêmement régulier étaient assurés entre le diamètre et la hauteur. Ce rapport qui apportait une esthétique particulière à la colonne (l'élancement) assurait un dimensionnement idéal pour la résistance aux efforts.



Les applications dans les chantiers hydrauliques

Les fondations (captage, fontaine...) ne sont que rarement appelées à résister à des efforts de flexion. Elles servent essentiellement à ancrer la construction dans le sol et à assurer que le sol via les fondations supporte le poids total de la construction. Il est inutile d'y mettre des fers.

Les fondations plus importantes (maison par exemple) doivent être étudiées comme si elles étaient des poutres. Le sol peut s'enfoncer par endroit et la semelle devra supporter sur ce « vide » le poids du bâtiment.

Pour une citerne il vaut mieux concevoir un radier qui va supporter en tous ses points la charge de l'eau. Cette dalle sera ferrailée dans sa partie basse pour résister à la flexion.

Les petits linteaux seront ferrailés légèrement en partie basse.

Les dalles de couverture vont devoir résister à la flexion. Les efforts viendront essentiellement de leur propre poids conséquence directe de son épaisseur : entre 8 cm et 12 cm il y a une différence de l'ordre de 50 % ! (CQFD). La densité du béton est environ 2,8 (soit 2,8 kg/dm³). Une dalle de 2 mètres par 3 va peser \cong 1.350 kilos (sans compter les fers...) ou \cong 2.000 kilos selon qu'elle aura 8 ou 12 cm d'épaisseur. Les 700 kilos supplémentaires coûtent de l'argent, du travail et occasionnent des risques supplémentaires par les efforts qu'ils vont causer.

AVIS IMPORTANT

Les fiches et récits d'expériences « Pratiques » sont diffusés dans le cadre du réseau d'échanges d'idées et de méthodes entre les ONG signataires de la « charte Inter Aide ».

Il est important de souligner que ces fiches ne sont pas normatives et ne prétendent en aucun cas « dire ce qu'il faudrait faire »; elles se contentent de présenter des expériences qui ont donné des résultats intéressants dans le contexte où elles ont été menées.

Les auteurs de « Pratiques » ne voient aucun inconvénient, au contraire, à ce que ces fiches soient reproduites à la condition expresse que les informations qu'elles contiennent soient données intégralement y compris cet avis .

* *Richard Bonneville a supervisé les programmes de Marigot (Haïti) jusqu'en avril 99 et les programmes dominicains jusqu'en septembre 1999.*

