CHAPITRE 2

RAPPELS DE NOTIONS PRINCIPALES DU CALCUL DES STRUCTURES

2.1. INTRODUCTION :

Comme on l'a vu dans les précédents chapitres, pour un projet architectural donné ou tout simplement pour une construction, un système constructif ou une structure optimale est, théoriquement, possible et concevable. Cependant, une multitude de solutions peuvent être tout aussi envisageables en fonction de divers critères conditionnant le choix d'une structure. De cette constatation, et dans une vision très simpliste des choses, on peut dire que le choix d'un système constructif peut se faire selon des exigences et des conditions de contraintes et de sollicitations. Or des conditions particulières de sols, du climat ou de l'exploitation de l'ouvrage peuvent être décisives dans la formulation du choix.

Il parait donc que le choix d'une structure qui s'adapte le mieux à une construction est un processus de réflexions multiparamétrique ou multicritères. Cependant, l'aspect dominant d'une structure, de part son rôle principal dans la construction, reste sa capacité d'assurer à cette dernière la solidité et la stabilité. Pour cela une connaissance suffisante du comportement mécanique ou structural des éléments qui composent la structure en plus d'une capacité d'évaluation des sollicitations et des contraintes sont presque primordiales pour toute conception de système constructif.

Le choix du matériau à utiliser comme matière de structure, doit faire partie des critères de choix de la solution adéquate ou optimale. Certes, ce critère limite considérablement notre liberté de choisir entre divers systèmes structuraux possibles, mais la bonne conception et la bonne approche peut trouver à chacun des matériaux de structure de nombreuses potentialités sur le plan fonctionnel et esthétique.

Cette partie du programme se fixe comme objectif pédagogique de présenter les différents aspects qui conditionnent le bon choix d'un système de structure. Aucune recette ou typologie ne pourrait remplacer la bonne connaissance des aspects techniques du matériau, le bon sens et la bonne approche et surtout le flair qui préside à toute bonne création confirmant pour ainsi dire une des définitions de l'architecture comme étant *l'art de bâtir.*

2.2. LES ACTIONS ou CHARGES ET SURCHARGES :

Il est parfois moins commode de faire la différence entre les charges et surcharges et entre les actions. Par définition, les actions sont l'ensemble des charges et surcharges appliquées à la structure. Il arrive que ces actions soient l'effet de charges d'exploitation, effets climatiques ou poids propres des éléments, tout comme elles peuvent être provoquées par des changements et des modifications statiques ou d'état tels le retrait, la dilatation, le tassement des appuis, … qui peuvent apparaître dans les structures pour constructions.

Les charges ou actions sont souvent évaluées et définies par des textes réglementaires et normatifs. Il arrive aussi que des règlements tels le BAEL ou le RPA soient portés dans certains cas de chargement à donner directement des évaluations de certains types de charges ou actions agissant sur les structures.

Dans le domaine du calcul des structures, les actions sont classées en trois catégories en fonction de leur probabilité d'occurrence et de la variation dans le temps de leur intensité.

1. **ACTIONS OU CHARGES PERMANENTES (G) :** Ce sont des charges provoquées par le poids propre de la structure ou de ses éléments. On retrouve aussi dans cette catégorie les charges d'éléments secondaires ou accessoires ainsi que celles dues à des équipements fixes dans la construction.
2. **ACTIONS OU CHARGES VARIABLES (QI) :** Ce sont surtout des charges et surcharges dont la durée de vie est limitée par rapport à celle des actions permanentes. Définies, elles aussi, par des règlements ou des textes, les actions variables sont surtout :
   a) ***Les actions climatiques*** en particulier celles du vent et de la neige.
   b) ***Actions dues à la température*** et qui se définissent comme étant la dilatation linéaire relative à partir d'une température initiale prise entre 8 et 14°C
   c) ***Actions*** provoquées éventuellement pendant ***les travaux d'exécution*** du projet.
3. **ACTIONS ACCIDENTELLES (F) :** telles le séisme, le feu, chocs d'engins ou autres.

Dans la considération de problème de structures

- 1.35 (G) + 1.5 (Q) + (F)
- (G) + 1.5 (Q) + (F)

En pratique, on fait souvent usage dans le domaine des actions ou des charges et surcharges de la notation suivante :

- A : actions accidentelles
- B : charges d'exploitation
- E : action sismique (*du mot **E**arthquake*)

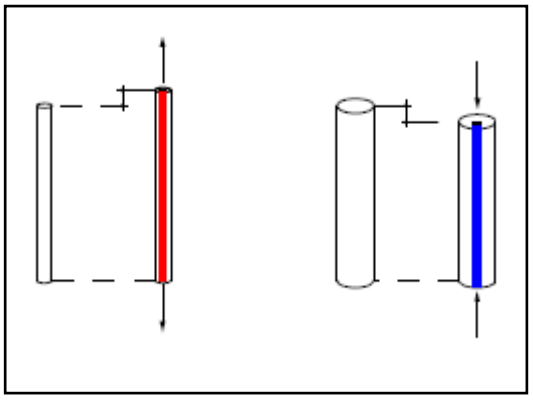
- G : charge permanente
- M : charges d'exploitation à caractère particulier
- Q : actions variables
- S : actions dues à la neige (*du mot **S**now*)
- T : actions dues aux variations de température
- W : actions dues au vent (*du mot **W**ind*)

2.3. LES SOLLICITATIONS ou EFFORTS:

2.3.1. INTRODUCTION : Les sollicitations représentent l'autre forme un peu affinée des actions et qui, cette fois-ci, s'appliquent non pas à l'ensemble de la structure mais plutôt à ses membres pris séparément. Ce sont donc les effets provoqués, en chaque élément de la structure, par les actions qui lui sont appliquées. Les grandeurs des sollicitations sont donc exprimées dans une forme utilisable par les règles de calcul et de résistance des matériaux.

2.3.2.DIFFERENTS TYPES DE SOLLICITATIONS ou D'EFFORTS: Parmi les formes possibles de manifestations des actions sur les éléments d'une structure, il y a lieu de noter les sollicitations ou efforts suivants :

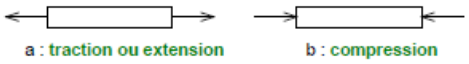
A. **Effort normal :** ce sont surtout des efforts qui agissent normalement (*verticalement ou perpendiculairement*) à la section de l'élément et qui de cette manière provoquent des déformations linéaires selon l'axe d'action de la force. On remarque de ce point de vue deux types de sollicitations ou efforts normaux :



1. Résistance

La résistance est la force maximale que peut supporter une pièce par unité de surface sans casser.

2. Différentes sollicitations simples



3. Contraintes de traction et de compression

Pour a et b

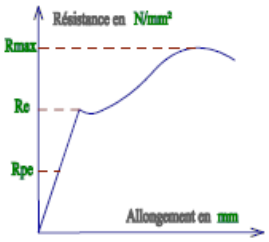
$$\text{Contrainte} = \frac{\text{force}}{\text{surface}}$$

force en newton N
surface en mm²
contrainte en N/mm² ou MPa

Pour a et b la contrainte est appelée contrainte normale de traction (compression) symbole $\sigma_{(o)}$ (sigma).

4. Condition de Résistance et coefficient de sécurité s ou k

a- courbe d'essai de traction



b- formules

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq Rpe = \frac{Re}{s}$$

Rpe résistance pratique à l'extension en N/mm² ou MPa (Rpc dans le cas de la compression).

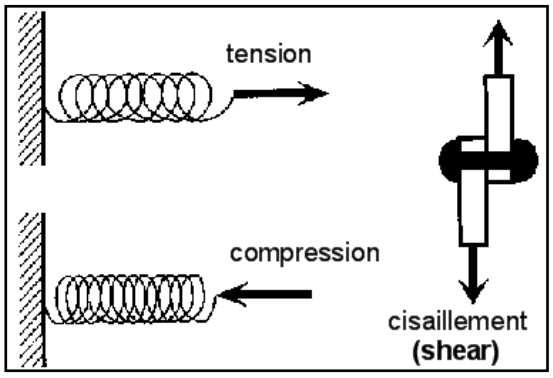
Re résistance élastique à l'extension en N/mm² ou MPa

s ou k coefficient de sécurité sans unité

1) **Compression :** Un corps ou section est sollicitée à la compression si les forces extérieures se réduisent à deux forces égales (*équilibre statique du corps ou de la section*) directement opposées et qui tendent à raccourcir ce corps.

2) **Traction :** Un élément est sollicité à la traction lorsque les forces extérieures se réduisent (*dans un équilibre statique*) à deux forces égales (*la sollicitation et la réaction de l'élément*) directement opposées, et qui tendent de l'allonger.

B. Cisaillement : un corps est sollicité au cisaillement ou soumis à un *effort tranchant* lorsque les efforts extérieurs se réduisent à deux forces qui tendent de séparer le corps en deux tronçons en les faisant glisser, l'un par rapport à l'autre, suivant le plan d'une section.



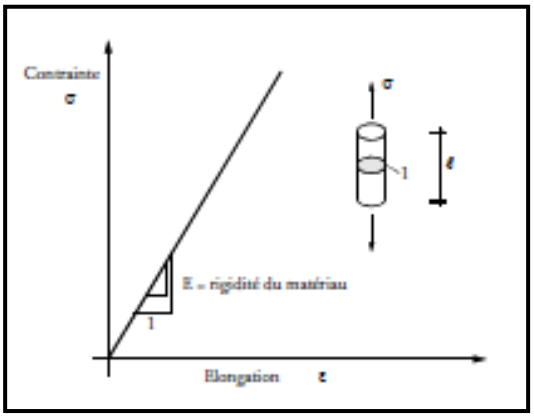
C. Flexion : Dans beaucoup de cas, les éléments de structure se trouvent dans des situations où une partie de la section de l'élément est soumise à un effort de compression (*raccourcissement*) et l'autre partie de la même section est soumise à un effort de traction (*allongement*). Cette situation de traction et de compression des différentes fibres dans un même élément et sous le même système de charges ou d'actions extérieures, on l'appelle *flexion*. On peut aussi définir la flexion comme étant la sollicitation qui provoque un état de contraintes variant linéairement, dans une même section, entre un maximum de traction et un maximum de compression. Cela suppose aussi le passage par une zone de fibres neutres.

La flexion est donc le phénomène mécanique qui apparaît lors de transmission de charges verticales horizontalement d'où son omniprésente dans les structures de grandes portées.

D. Torsion : On parle de torsion lorsque le système de forces extérieures se réduit à des couples agissant en sens contraire et dans des plans perpendiculaires à l'axe géométrique longitudinal de l'élément tordu. Un des couples de forces peut être remplacé par les liaisons de l'élément tel l'encastrement de la poutre palière.

2.5. LES CONTRAINTES :

Les contraintes, en terme simple, se définissent comme étant le rapport entre la force agissant sur une section et la surface de celle-ci. Son unité de mesure étant donc le (N/mm^2). Dans tous les états statiques ou dynamiques des sections composant les éléments structuraux on retrouve trois types de contrainte : (σ_c) de compression, (σ_t) de traction et (τ) de cisaillement.



3.4.1. CONTRAINTE DE COMPRESSION : La section d'un élément de structure se trouve comprimée par une sollicitation ou un effort lorsque cet effort provoque un rapprochement entre les particules du matériau. Un poteau dans une structure est souvent soumis à un effort axial vertical qui provoque dans les différentes sections de l'élément des contraintes de compression. Cela se traduit réellement

par le **raccourcissement** de la hauteur du poteau. Le rapport entre la contrainte de compression agissant sur le poteau est le raccourcissement de celui-ci est appelé **le module d'élasticité (E)**. C'est un paramètre qui nous renseigne sur la déformabilité de l'élément et donc sur sa résistance. Une contrainte limite ou admissible pour chaque matériau est ainsi déterminée et ne devrait en aucun cas être dépassée sous risque de rupture de l'élément.

Les éléments de structure développant des contraintes de compression dans la plupart des situations de transmission de charges vers le sol. Ceci est dû au fait que le sens de transmission de haut en bas sous l'effet de la force de gravitation crée souvent un état de contraintes de compression dans les sections des éléments subissant de telles transmissions.

3.4.2. CONTRAINTE DE TRACTION : C'est un état qui concerne donc le feuillet ou la section d'un élément de la structure se traduisant par l'état de contrainte dans lequel les particules du matériau ont tendance à s'écarter les unes des autres. Un câble dans un pont suspendu se trouve fortement tendu. Cette tension provoque dans sa section une contrainte de traction approximativement égale à la valeur de la tension dans le câble rapportée à la section de ce dernier. Un **allongement** accompagne souvent cette situation de sollicitation du câble. Le rapport entre la contrainte de traction est l'allongement est une caractéristique mécanique du matériau qu'on appelle *coefficient de Young (E), coefficient de proportionnalité* ou plus souvent *module d'élasticité*.

3.4.3. CONTRAINTE DE CISAILLEMENT : C'est l'état de contrainte dans un matériau où les particules tentent de glisser les unes par rapport aux autres. Le cisaillement, en termes simples, provoque dans une section des déformations capables de changer la forme rectangulaire de la section en un parallélogramme en faisant glisser les sections l'une par rapport à l'autre. On note que la déformation de cette nature, on l'appelle aussi *distorsion* de cisaillement, est d'autant plus grande que la force agissant sur l'élément est grande. Le rapport entre la contrainte de cisaillement et la valeur de la distorsion de cisaillement est appelé *module d'élasticité transversal* ou *coefficient de Poisson (G).*

3.4.4. CONTRAINTES ADMISSIBLES : Ce sont des valeurs que peuvent atteindre les contraintes dans les sections des éléments structuraux sans pour autant les dépasser. Ce sont souvent les valeurs de contraintes à la rupture (*ruine*) qui

représentent les valeurs limites de la résistance du matériau, qu'on divise par un coefficient de réduction appelé souvent *coefficient de sécurité*.

2.5. DEFORMATIONS :

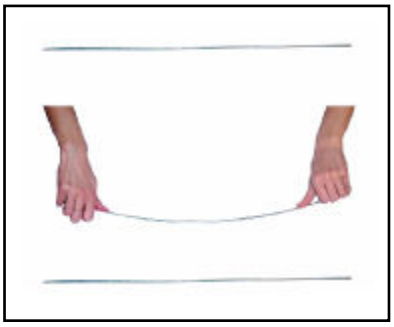
Sous l'effet d'un système de forces extérieures et auquel elle est censée s'opposer, la structure ou l'un de ses éléments, subit diverses formes de déformations. Elles sont de deux natures :

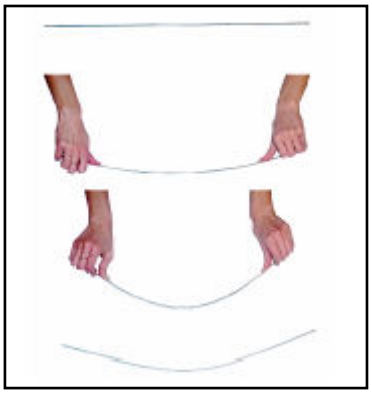
3.5.1. DEFORMATIONS DE STABILITE : ce sont surtout des changements dans la forme ou dans la position de la structure. Ce type de déformation, perturbant surtout la stabilité de la structure ou de la construction dans son ensemble, se manifeste par des rotations (*renversement*) et par des déplacements verticaux *(tassement*) ou horizontaux (*glissement*). Cet aspect est pris en charge par le bon choix de la forme générale de la structure ou par certaines dispositions constructives empêchant de telles déformations d'apparaître. Une construction et sa structure avec, se déplace par glissement sous l'effet de charges horizontales ou par son propre poids dans une pente ; comme elle peut s'enfoncer dans le sol par *tassement régulier* des terres. Sa stabilité pourrait tout aussi être perturbée par des rotations ou renversements provoqués par des charges horizontales ou par *tassement différentiel*.

3.5.2. DEFORMATION DE SOLIDITE : ce sont des déformations qui touche plus les éléments de structures et leurs sections. La nature du matériau est importante du fait que c'est elle qui procure à l'élément sa solidité. On assiste dans ce cas de déformations à des *allongements* des éléments sous l'effet de la traction, à des *raccourcissements* lors de contraintes de compression ou à des déplacements et des *rotations* (*flèche*) des éléments sous l'effet de la flexion.

Une *rigidité* ou une indéformabilité absolue de la structure nuit plus qu'elle n'en facilite la tâche concernant le problème des déformations. Dans la conception des structures, se déformer sans pour autant perdre sa solidité ni sa stabilité, est d'une importance capitale dans le bon comportement structural ou mécanique des ossatures. Un dosage bien balancé entre la rigidité et la flexibilité d'une même élément ou d'une même structure, parait être la bonne astuce pour réussir le choix de structures solides et stables.

3.6. CALCUL DES STRUCTURES :



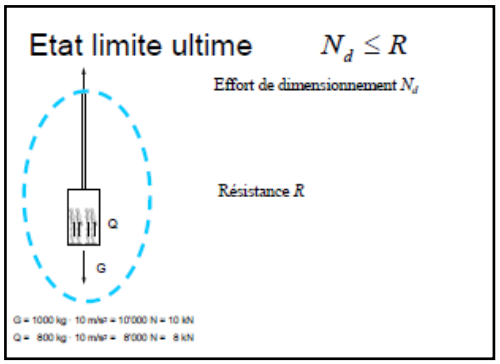


En principe le but du calcul d'une structure est de garantir une sécurité convenable contre la 0*mise hors service*0 de cette structure ou de l'un des éléments qui la composent. On cherche par ce calcul, en appliquant des méthodes de résistance des matériaux ou des règlements de conception, les formes et les dimensions à donner aux éléments constituant la structure pour leur permettre de résister aux actions et sollicitations avec sécurité et dans de bonnes conditions. En connaissant les charges et les surcharges extérieures, le calcul permet d'évaluer les actions, puis de les réduire à des sollicitations ou efforts et enfin déterminer les contraintes et les déformations internes au niveau des sections des éléments structuraux. Ce cheminement est primordial même s'il est souvent fait au prix d'une succession de simplifications et d'approximations. L'objectif dans toute démarche de calcul de structures est de deux aspects :

3.6.1. DIMENSIONNEMENT : connaissant le système de forces extérieures agissant sur la structure, on détermine les dimensions des éléments ou des sections de matériaux entrant dans la résistance afin que les contraintes et les déformations internes soient inférieures à des limites fixées par les normes, les règlements ou le calcul.

3.6.2. VERIFICATION : Le système de forces extérieures et les dimensions des éléments composants la structure, on vérifie la stabilité de chaque élément ou de l'ensemble de la structure.

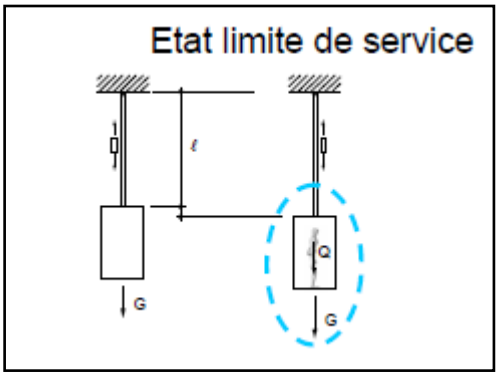
On admet que cet état de 0*mise hors service*0 apparaît dès que la structure atteint un état particulier dans son fonctionnement appelé état limite. On remarque deux niveaux d'états limites que les structures dans leur comportement mécanique doivent impérativement ne pas atteindre.



3.6.3. DEFINITION DES ETATS-LIMITES : un état limite est un état dans lequel se trouve une structure ou un élément de structure, et tel que, s'il est dépassé dans le sens défavorable,

cette structure ou cet élément de structure ne répond plus aux fonctions pour lesquelles il est conçu. Dans cette vision des choses on note l'existence de deux types d'états limites :

3.6.4. ETATS LIMITES ULTIMES : Ils correspondent à la limite de résistance mécanique au-delà de laquelle il y a ruine de l'ouvrage. On remarque aussi qu'il y a des états limites ultimes concernant l'équilibre statique, la résistance et enfin stabilité de forme.



3.6.5. ETATS LIMITES DE SERVICE : Ils correspondent à des critères dont le non-respect ne permet pas à l'élément d'être exploité dans des conditions satisfaisantes ou compromet sa durabilité. On note l'existence de différents aspects des états limites de service, plus particulièrement ceux liés à la compression du béton, à l'ouverture de fissures et à la déformation.

2.7. PRINCIPE DE SUPERPOSITIONS DES CHARGES ET DE LEURS EFFETS:

Les forces appliquées à une structure ou l'un de ses éléments produisent divers effets que l'on peut classer dans deux types bien distincts:

a) **Effets de contraintes :** Ce sont surtout les réactions d'appui, les efforts et les et sollicitations dans les éléments et enfin les contraintes dans les sections.

b) **Effets de déformations :** On retrouve dans ce type d'effet les déformations angulaires (*rotations*) et linéaires (*déplacements, raccourcissements ou allongements*).

Cependant, tous ses effets, selon la limite de résistance des éléments (*limite élastique*) imposée dans les règlements et les calculs, devraient disparaître dès la disparition du système de forces appliquées à la structure. Il y a aussi le fait que de petits effets (*par rotation ou par déplacement*) n'affectent nullement leur linéarité et leur proportionnalité aux efforts. Les déformations sont donc linéairement proportionnelles aux efforts. Dans toutes ces hypothèses on peut alors énoncer le principe de la superposition des effets des forces en disant que l'effet produit par plusieurs forces agissant simultanément est égal à la somme des effets produit par chacune des forces supposée agir séparément.

Le principe de superposition des charges ou des effets de charges ou d'actions est d'une grande utilité dans le domaine du calcul des structures. En effet, une structure ou un élément de structure est souvent soumis simultanément à plusieurs sollicitations. Ce principe permettrait de faciliter le travail et de décomposer le calcul en une somme de calculs simples faits pour chacune des sollicitations prise séparément. L'effet simultané de toutes les actions ou sollicitations est équivalent à la somme des effets de chacune d'elles calculés séparément.

2.8. DIFFERENTS TYPES DE FORCES DANS LES STRUCTURES :

A. **Force Volumique :** C'est une force qui s'exerce dans un volume et elle est présente en chaque point ou en chaque volume unitaire du corps. Le poids volumique des matières représente un cas courant de force volumique s'exerçant sous l'effet de la pesanteur. $F = \gamma 3g$ où :

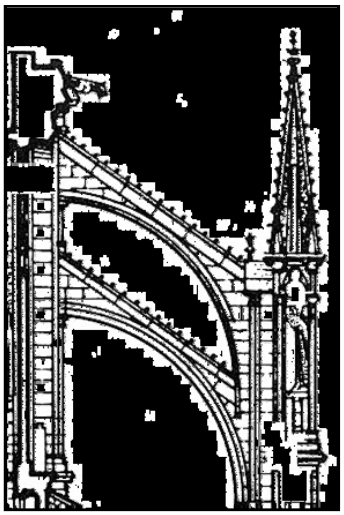
F : Force volumique de pesanteur. L'unité est le *(N/m^3)*

γ : masse volumique de la matière

g : accélération de la pesanteur

B. **Force Surfacique :** c'est force qui est provoquée par le contact d'une surface. L'intensité de la force est répartie, uniformément ou pas, sur une surface donnée. Le poids des revêtements d'étanchéité d'une terrasse est une force surfacique s'exerçant sur la dalle. L'unité de ce type de force est le *(N/m^2)*.

C. **Force Linéaire :** c'est une force répartie sur une ligne de contact avec l'élément auquel elle est appliquée. L'unité de mesure de cette force est le *(N/m)*.



D. **Force Ponctuelle :** appelée aussi force concentrée ou localisée, elle s'applique sur une surface très réduite se rapprochant d'un petit point de contact. Son unité de mesure est le *(N)*.

2.9. CONDITIONS DE LIAISONS ET D'APPUIS ENTRE ELEMENTS DE STRUCTURE :

Les combinaisons et les compositions de structures à partir d'éléments structuraux sont souvent marquées par la nature et les conditions des liaisons, des assemblages et des jonctions entres ces éléments. La continuité entre ces derniers est plus ou moins assuré et elle est fonction de la nature d'appui ou de liaison. On note les types de liaisons suivants :

A. **Appui Simple :** c'est une liaison qui assure seulement un contact ponctuel entre les deux éléments et ceux-ci se trouve de se mouvoir autour de ce point liaison. Une poutre simplement appuyée sur poteau est empêchée de se déplacer dans une seule direction.

B. **Appui Double ou Articulation :** ce type de liaison permet un mouvement relatif de rotation des deux éléments articulés. Il est à noter que c'est un cas de liaison difficile à réaliser dans les structures en béton armé. Certaines dispositions le permettent entre éléments en bois ou en acier.

Viaduc du Garabit sur la Truyère, 1884, ing. M. Koechlin, bureau Eiffel, l = 165 m

C. **Encastrement :** dans ce type de liaison les deux éléments en contact sont complètement ou partiellement empêchés de tout mouvement relatif.

2.10. DEGRE DE STATICITE DES STRUCTURES :

Selon l'ampleur du système de liaison des structures avec le sol ou entre-elles, la détermination des réactions d'appui et des éléments de réduction dans les différents points de la structure peut être simple ou compliquée. Du point de vue staticité de la structure, on peut classer systèmes structuraux en deux types :

3.10.1. STRUCTURES ISOSTATIQUES : ceci est le cas pour une structure lorsqu'il est possible, par les seules équations de la statique de déterminer en tout point de la structure les valeurs des efforts internes.

3.10.2. STRUCTURES HYPERSTATIQUES : appelées aussi statiquement indéterminées, sont des structures présentant trop de liaisons pour être calculées à partir des seules équations de l'équilibre statique. Dans cette catégorie on remarque :

a) **Structures intérieurement hyperstatiques :** Les liaisons surabondantes (*en plus*) sont intérieures et les équations d'équilibre statique suffisent à déterminer les réactions d'appuis, mais pas les éléments de réduction (*ou efforts*) dans la structure.

b) **Structures extérieurement hyperstatiques :** les liaisons surabondantes sont extérieures et les équations de l'équilibre statique ne suffisent de déterminer les réactions d'appuis.

3.10.3. STRUCTURES HYPOSTATIQUES : appelées aussi 0*mécanisme*0, ce sont les structure qui ne sont pas stables dans leur forme et leur comportement structural ressemble à un mécanisme. La résistance des structures hypostatiques est presque nulle.

3.10.4. DEGRE D'HYPERSTATICITE : Une coupure simple faite dans un système hyperstatique le diminue d'une liaison surabondante et abaisse son degré d'hyperstaticité d'une unité. Une simple coupure dans une structure isostatique la transforme en mécanisme. On peut définir le degré d'hyperstaticité (n) comme étant le nombre de coupures simples nécessaires pour transformer la structure donnée en une structure isostatique.

Il est à faire les remarques suivantes concernant le sens et l'importance de la staticité dans la conception des structures. L'hyperstaticité qui se traduit souvent par des liaisons plus nombreuses donne lieu dans structure à moins de déformations et d'efforts.

	Poutre simplement appuyée	Poutre encastrée aux deux extrémités
Moment en travée	$\frac{pl^2}{8}$	$\frac{pl^2}{12}$
Flèche en travée	$\frac{5pl^4}{384EI}$	$\frac{pl^4}{384EI}$

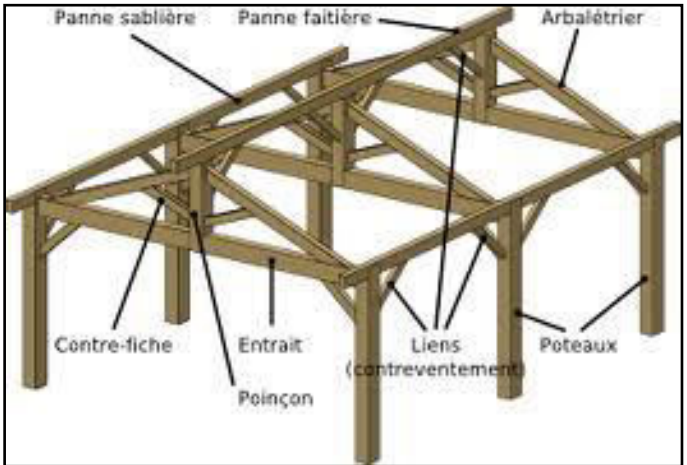
La structure isostatique est moins résistante et donc plus lourde, par contre elle est moins sensible aux déformations dues aux aspects différentiels de température ou de tassement. La structure hyperstatique se prête moins bien à ce genre de contraintes.

2.11. MATERIAUX STRUCTURAUX :

Divers matériaux peuvent être utilisés dans la conception et la confection des structures. Ces matériaux sont en principe suffisamment résistants et solides pour pouvoir assurer le rôle de solidité et de stabilité à la construction. Très différents dans leurs capacités de résistance, les matériaux de structures possèdent cependant certaines propriétés en commun qui leurs confèrent un bon comportement structural. Ainsi, la déformation des matériaux de structure doit rester dans la limite du comportement élastique de leurs matières. Cette caractéristique fait que le matériau structural peut être utilisé plusieurs fois, ce qui est le cas des constructions. Dans le calcul des structures les contraintes sont limitées à des valeurs qui ne dépassent pas la zone de comportement mécanique élastique du matériau. On insiste parfois sur le fait que ces déformations élastiques doivent être linéaires ce qui permettrait l'application du principe de superposition des charges ou des sollicitations. On présente ici, dans un ordre chronologique l'usage des matériaux suivants dans la conception et confection des structures pour constructions :

3.11.1 BOIS :

Le bois reste le premier matériau à être utilisé par l'homme dans ses constructions depuis la préhistoire avec la cabane rustique. Ces avantages en tant que matériau de structure restent sujet à controverse. C'est un matériau qui s'il est utilisé dans une construction, son usage serait rarement limité au seul rôle de résistance. Il fait souvent présence dans les parois, les couvertures ou les planchers. C'est un matériau qui allie, malgré tout, à la fois la dureté et la possibilité d'être fendu. Il est suffisamment consistant pour qu'on puisse l'évider, le tailler, le raboter, bref le façonner. Il est aussi de nature flexible ou déformable, en même temps que



résistant.

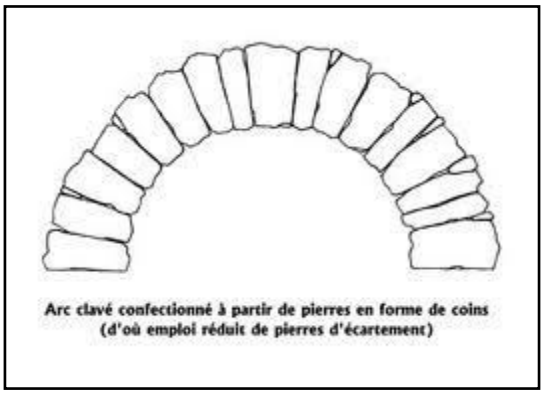
On note ici la grande variété des essences des arbres d'où on extrait bois. C'est pour cette raison que des bois sont caractérisés par leur densité ainsi que par leur dureté. Ils se protègent naturellement ou par rajout de produits contre le feu, l'humidité et les attaques de bactérie de par sa nature organique.

Dans la structure le bois est utilisé dans toute la composition sans soucis d'être tendu ou comprimé. Des fermes et des systèmes tridimensionnels sont très courants en charpente de bois. Les grandes couvertures avec des portées dépassant la dizaine de mètres sont conçues en bois dans une organisation à trois dimensions ou en bois lamellé collé.

On note enfin que le bois est un matériau *anisotrope*, c'est-à-dire, ne possédant pas les caractéristiques physiques et mécaniques dans tous les sens de sa masse. Il est composé de fibres disposées en cerces, ce qui fait qu'il est plus résistant dans un sens que dans l'autre. On aurait tant aimé l'avoir comme matériau isotrope à l'image du béton ou de l'acier.

3.11.2. MAÇONNERIE :

L'utilisation de la pierre n'était possible sans le développement et l'innovation dans domaine de l'outillage pour tailler, façonner, déplacer et manipuler les blocs de pierre. La logique de mise en œuvre de la maçonnerie est unique : chaque bloc de pierre doit être disposé dans la structure de manière à n'être soumis qu'au seul effort de compression. La maçonnerie résiste médiocrement aux efforts de traction ou de flexion. L'appareillage des blocs de pierres ou de maçonnerie nécessite des dimensions un peu grossières d'où le poids excessivement grand des structures en maçonnerie.



Depuis l'antiquité, les constructeurs ont su contourner le problème de la mauvaise résistance de la maçonnerie à la traction par de judicieuses dispositions dans la mise en scène du matériau dans la structure. Les formes courbes, circulaires, sphériques ou pyramidales ont été amplement utilisées par diverses civilisations et restent à nos jours les formes qui puissent redonner aux structures en maçonneries leur grandeur et leur beauté. C'est le principe de la résistance par la forme qui, avec celui de la résistance par la matière, constituent les deux grands penchants de l'art de la conception structurale. Les concepteurs de structures, en application de ce principe, dans leur recherche d'une solidité et d'une stabilité à leurs structures, tentent par toutes les astuces à s'investir dans le choix de la forme que de celui du matériau.

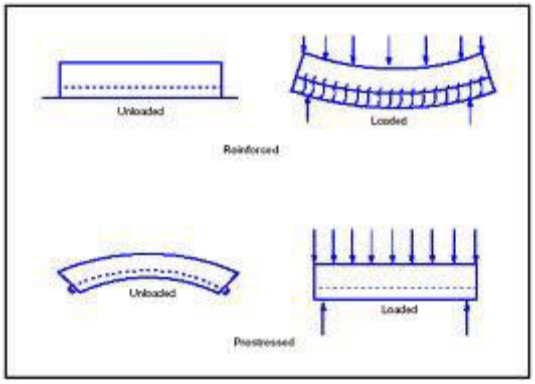
3.11.3. BETON ARME :

Voici un matériau dont l'invention s'inspire directement d'une position éclectique dans le développement des matériaux pour structures. Un béton qui résiste bien à la compression s'est trouvé associé à l'acier qui lui réagit efficacement aux efforts de traction. Les barres d'acier se trouvent en principe dans les parties de la structure ou de l'élément de structure qui sont soumises à des contraintes de traction. A ces dernières, la résistance du béton est considérée conventionnellement comme nulle.

Les structures en béton armé sont de plus en plus nombreuses et ce matériau reste, et de loin, le plus utilisé en construction. Ses avantages tels la souplesse et une richesse de forme, l'économie et la disponibilité et enfin sa bonne tenue vis-à-vis du feu et des conditions atmosphériques, ont en fait un matériau incontournable dans la réalisation des structures aujourd'hui et certainement pour un temps à venir.

3.11.4. BETON PRECONTRAINT :

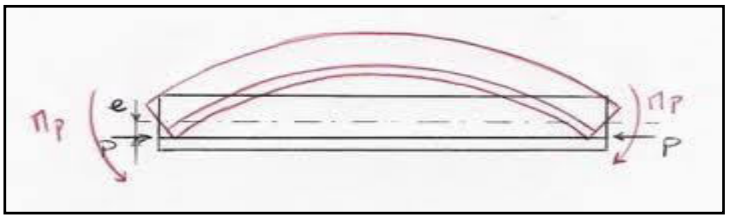
Toujours dans l'idée d'associer des matériaux aux performances différentes mais complémentaires, le béton précontraint



représente un autre niveau dans cette réflexion. Il s'agit donc de donner au béton armé des possibilités et des capacités encore plus importantes en faisant recours au sein de la masse du béton armé à des câbles ou tiges. Cette combinaison confère au béton précontraint tout un champ d'application dans les situations de comportement mécanique nécessitant plus de capacité de résistance de la structure. Les grandes portées et les fortes surcharges en sont les cas les plus courants faisant appel au béton

précontraint.

Le câble tendu au sein de la masse du béton armé, épousant précisément le tracé d'une ligne passant par les zones tendues de l'élément, essai de reprendre sa longueur ou sa forme en s'appuyant sur la masse du béton armé (*par adhérence ou par cône de blocage*), il introduit alors dans celle-ci des efforts de compression. Donc le principe de la précontrainte consiste à comprimer le béton armé dans ses parties tendues préalablement à sa mise en charge. Cette disposition est obtenue de deux manières et qui chacune répond à une technique bien différente du principe de la précontrainte.



A. **Par pré-tension :** les armatures de précontrainte (*souvent des tiges*) sont tendues avant le durcissement du béton. Elles créent, par adhérence au béton, un effort de compression en essayant de reprendre leur longueur initiale.

B. **Par post-tension :** les armatures de précontrainte (*souvent des câbles*) sont disposées dans des gaines à l'intérieur du massif du béton armé et cela suivant un tracé bien déterminé. Mises en tension après le durcissement du béton, elles sont ancrées par des systèmes de blocage (*cônes de blocage*) aux extrémités de l'élément. Les câbles créent un effort de compression en essayant de reprendre sa forme rectiligne (*droite*)

introduisant ainsi ce qui est appelé un effet de portance dans le cas de poutres de grande portée ou fortement chargée.

3.11.5. ACIER :

Les structures faites en acier continuent d'être largement utilisées dans le domaine de la construction. Les raisons de cet usage de l'acier en tant que matériau de structure sont les suivantes :

a) La solidité de l'acier est sans appel la meilleures parmi les celles des autres matériaux en usage en construction. Il possède des caractéristiques mécaniques élevées. L'acier d'adapte bien aux fortes surcharges et aux grandes portées.
b) L'acier résiste aussi bien à la traction qu'à la compression et de la même ampleur. Pour une pièce en acier, peu importe le sens de passage de l'effort ou la nature statique des fibres (tendues ou comprimées) et leur position dans la section.
c) La légèreté structurale fait de l'acier un matériau qui par de petites sections il supporte de grandes charges. Le poids propre des structures ou des éléments en acier, rapporté à leur capacité portante, est faible. Cet aspect fait que les structures métalliques sont dominantes dans les constructions de grande hauteur.
d) La préfabrication des éléments qui fait que la structure en acier se fait souvent monter sur chantier rapidement d'où les délais de réalisation très courts de ce type de structure.

Tous ces éléments dénotent des avantages que possède l'acier dans la conception des structures pour habitation. Le peu d'inconvénients que ce matériau possède ont été parfois admirablement pris en charges par les innovations techniques dans le domaine des peintures de protections contres la rouille ou conter l'échauffement et le feu. Des habillages sont tout aussi utilisés pour envelopper les profilés métalliques et leur donner l'allure et l'aspect qu'on veut.

📖 Fin de Chapitre 📖