

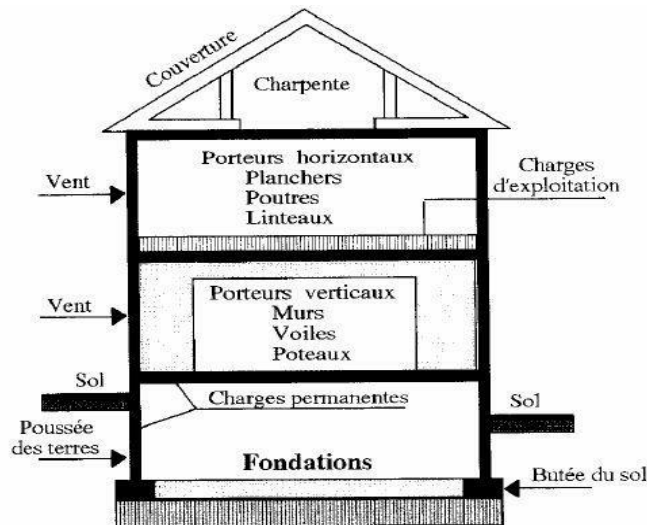
Chapitre 03 : Techniques de Réalisation Ouvrages en Béton Armé

I. Généralités :

En bâtiment et travaux publics, une construction est généralement appelée « Ouvrage », ainsi un ouvrage pourra être : un bâtiment à usage d'habitation, à usage administratif ou à usage industriel, une passerelle, un pont routier, un barrage sur un cours d'eau. Les ponts, sont toujours appelés ouvrage d'Art. Un ouvrage, ou un élément d'ouvrage, est soumis à différentes actions (les efforts dus au poids de la construction elle-même, aux charges d'exploitation, aux charges climatiques et aux éventuellement sismiques). Il doit être conçu pour être stable et résister à ces actions. Ces efforts sont rapportés jusqu'au sol par les fondations.

Le secteur du bâtiment comprend l'exécution du gros œuvre, correspondant à l'ensemble des éléments portants d'une construction et du second œuvre, concernant des travaux tels que fermetures (portes et fenêtres), cloisonnements, revêtements et aménagements (plomberie, électricité, ascenseurs et vide-ordures, etc.). Les principaux éléments d'un bâtiment comprennent :

- ✓ Les fondations, qui permettent à la construction de reposer sur le sol tout en la supportant et en assurant sa stabilité.
 - ✓ La structure ou ossature, qui assure la stabilité aérienne de l'ouvrage, supporte toutes les charges appliquées et transmet aux fondations les sollicitations dues au poids de l'édifice.
 - ✓ Les murs porteurs qui peuvent être intégrés à la structure, ainsi que les poteaux, les poutres et les planchers qui définissent l'ossature.
 - ✓ Les cloisons intérieures ou murs de refend, qui peuvent être parfois intégrés à la structure.
 - ✓ Les systèmes de circulation verticale : ascenseurs, escaliers et cages.
 - ✓ Les réseaux d'alimentation en énergie et en eau, ainsi que l'évacuation des déchets.
- L'enveloppe, constituée de la façade et de la toiture.



II. Techniques d'exécution des fondations superficielles et des fondations profondes :

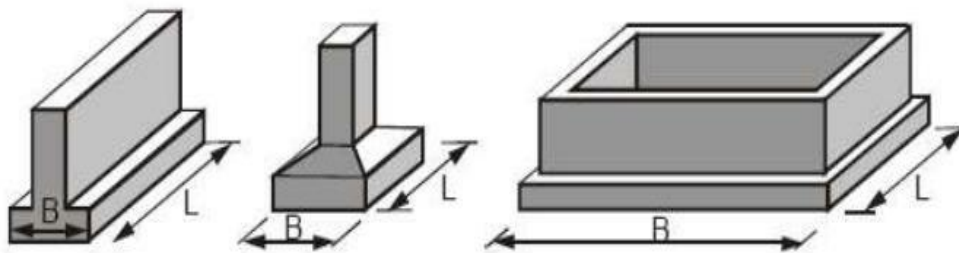
1- Définition des fondations : Terme employé le plus souvent au pluriel pour désigner l'ensemble des ouvrages enterrés sur lesquels repose une construction. Les fondations assurent la stabilité du bâtiment. Elles transmettent au sol le poids total de l'ouvrage (les charges permanentes G et les charges d'exploitation Q) en le répartissant de manière à garantir une assise parfaite. Les critères influant le choix d'une fondations sont donc : La qualité du sol, Les charges amenées par la construction et Le coût d'exécution. On distingue deux principaux types de fondations selon la profondeur à laquelle elles se situent :

- **Les fondations superficielles** appelées aussi fondations ordinaires : elles sont utilisées quand le bon sol est proche de la surface. Ce type de fondation comprend les semelles, les longrines et les plots.
- **Les fondations profondes** : systèmes de fondations par puits ou par pieux employés quand le bon sol est situé en profondeur.

2-Les Fondations Superficielles :

🌈 **La Semelle :** élément de fondation en béton armé ou non. Il existe plusieurs types de semelles :

- **La semelle isolée ou semelle ponctuelle:** elle est placée sous un poteau, dont les dimensions en plan B et L sont toutes deux modestes, entre autres les semelles carrées ($L/B = 1$) et les semelles circulaires (de diamètre B).
- **La semelle filante ou semelle continue:** elle est située sous tous les murs porteurs. Elle peut être renforcée par des armatures si les charges qu'elle reçoit sont importantes. Elles ont une longueur L importante devant la largeur B ($L/B > 5$).
- **Les radiers ou dallages,** de dimensions B et L importantes.



Types de fondations superficielles

A) La Semelle Isolée :

🌈 **Définition :** Les semelles isolées sont les fondations des poteaux. Elles ont une forme le plus souvent carrée ou rectangulaire ou plus rarement celle d'un cercle. Les critères du choix sont d'ordre technique et économique et relatifs : à la charge et à l'emplacement de la semelle, à la nature du terrain (argile ou rocher), à la réalisation ou non d'un coffrage, au façonnage facile des aciers, à la qualité et à la facilité de mise en place du béton. Souvent, les différents points sont reliés entre eux par des poutres horizontales (longrines) pour éviter les glissements.

🌈 **Terminologie :** Une fondation superficielle est définie par des caractéristiques géométriques.

B : Longueur de la semelle ou plus grand côté d'une semelle.

A : Largeur de la semelle ou plus petit côté de la semelle.

✓ Semelle circulaire $B = 2R$

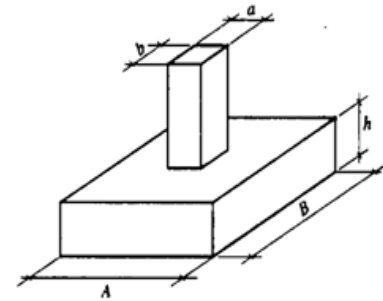
✓ Semelle carrée $B = A$

✓ Semelle rectangulaire $A < B < 5A$

✓ Semelle continue ou filante : ... $B > 5A$

h : La hauteur de la semelle, elle est définie en fonction des diamètres du poteau et de la semelle.

$$h = 5cm + \max\left(\frac{B-b}{4}, \frac{A-a}{4}\right)$$



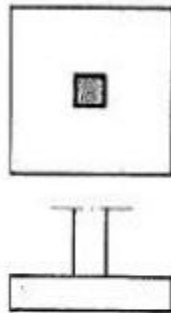
Semelle isolée sous poteau

🌈 **Les différentes formes des semelles isolées :**

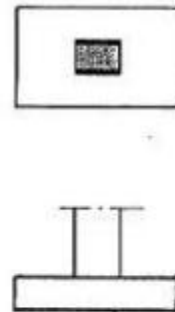
Tronconique.



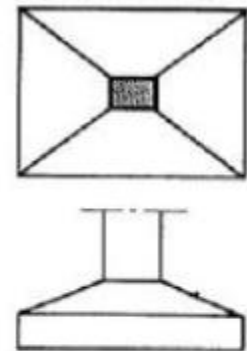
Carrée.



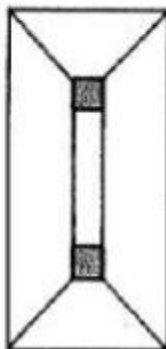
Rectangulaire.



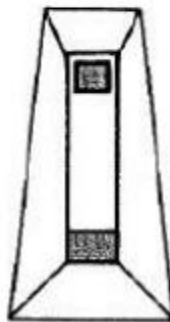
Rectangulaire avec glacis



Semelles jumelées.



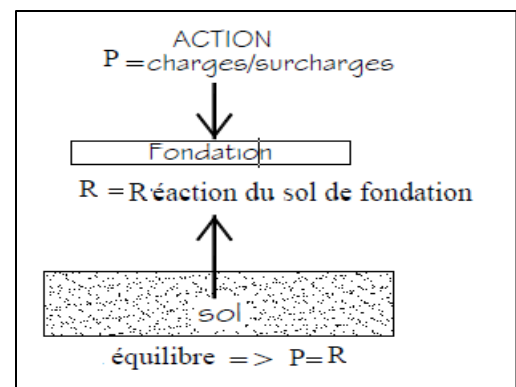
Les poteaux supportent une charge identique



La forme trapézoïdale : la semelle est dans sens de l'égalisation des pressions sur le terrain

🌈 **Principe de Fonctionnement:** La semelle isolée travaille dans les deux sens. La partie inférieure est donc tendue dans les deux sens. Pour que le système sol – fondation soit en équilibre il faut que la force de réaction du sol de fondation R soit égale à la force transmise par la fondation.

$$\sigma_{calculée} = \frac{P}{S} \leq \bar{\sigma}_{SOL}$$



🌈 **Dimensionnement:** La surface S de la semelle doit être suffisante pour répartir sur le sol, les charges apportées par les porteurs verticaux. Répartir une force sur une surface, c'est exercer une

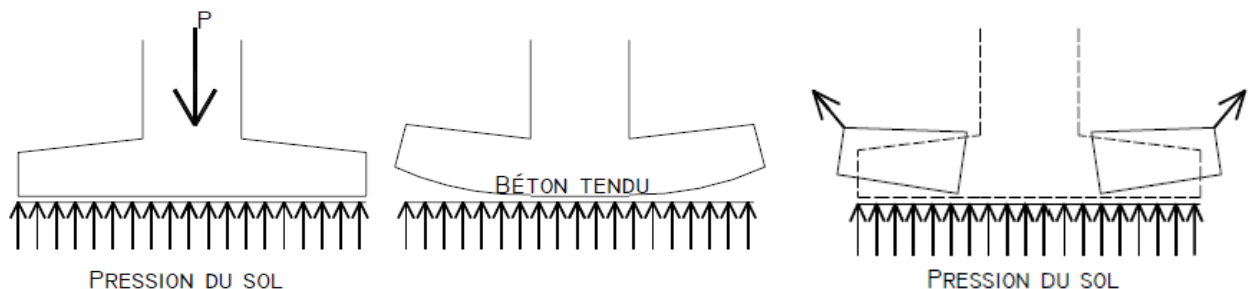
pression : $\sigma [Pa] = \frac{F[N]}{S[m^2]}$ La surface S d'une semelle s'exprime : $S[mm^2] = \frac{Nu[N]}{\bar{\sigma}_s [MPa]}$

- Si la semelle est carrée alors $A=B$ et $S = A^2$ où $A \geq \sqrt{S}$
- Si on opte pour une semelle rectangulaire alors on devra fixer une dimension pour déterminer l'autre.

N_u : représente l'effort ultime apporter par l'ouvrage, $\bar{\sigma}_s$: représente la contrainte (capacité portante) du sol.

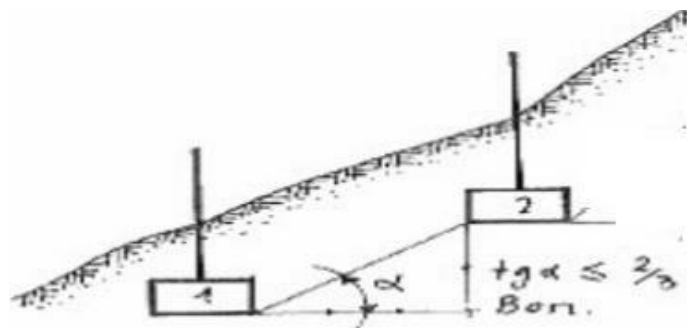
Type de sol	Contrainte admissible $\bar{\sigma}_{sol}$ Kg/cm ² ≡ bars	Observation
Terre végétale	2 à 5	inconstructible
Vases et argiles molles	6 à 8	Mauvais sol
Limons , argiles et sables lâches	9 à 11	A la limite mauvais sol
Argiles raides sables compacts graviers	12 à 20	Bons sols
Tufs, roches massifs rocheux	>20	Très bon sols

🌈 **Ferrailage des semelles isolées :** Pour bien comprendre pourquoi doit on disposer un ferrailage en bas de la semelle, il suffit de bien examiner la figure suivante :



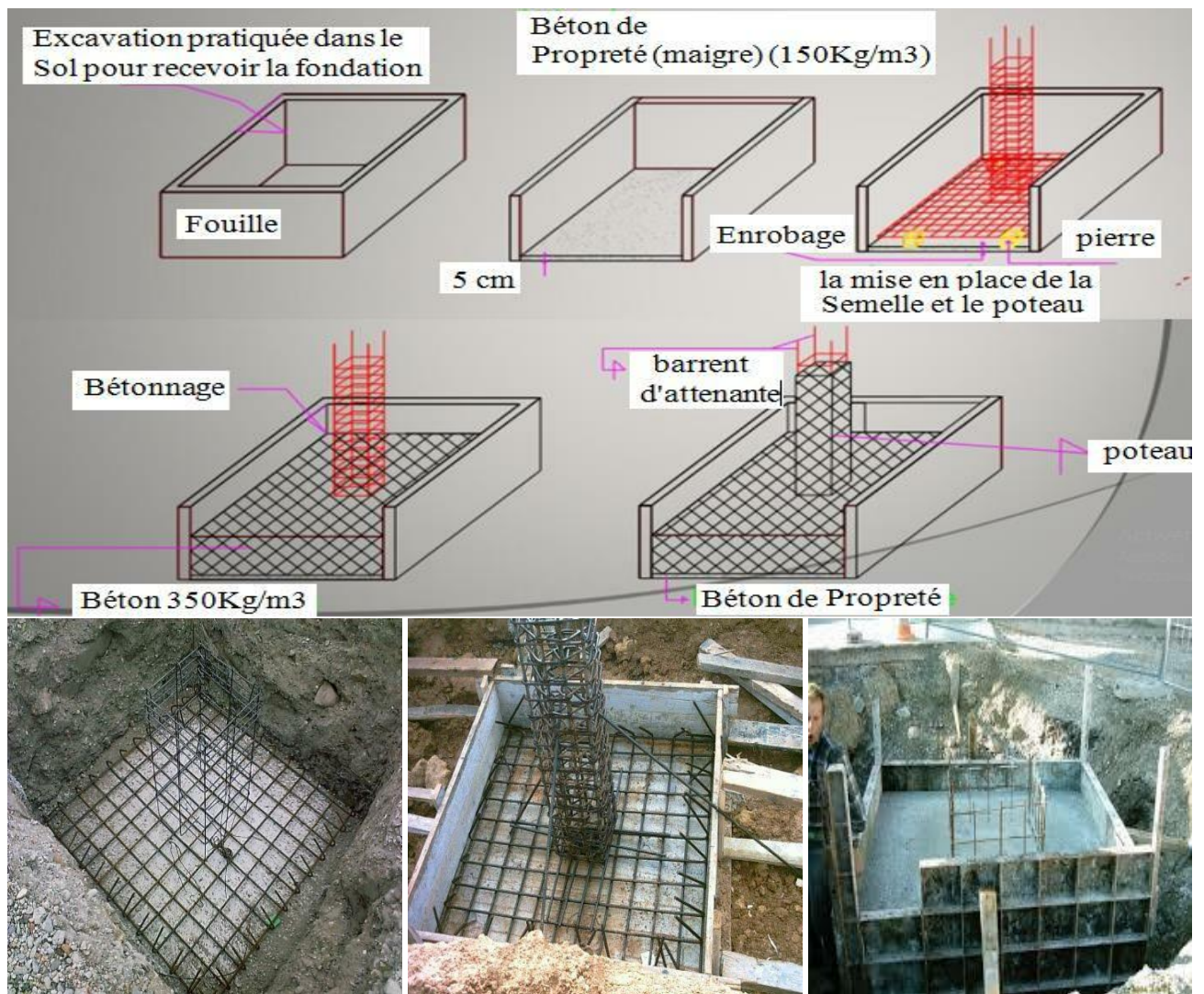
Nous remarquons que sous l'influence de la pression du sol les bords de la semelles subissent une flexion vers le haut. Les fibres basse du béton subissent alors une traction. Comme le béton résiste très mal à la traction si des dispositions particulières ne sont pas prises, la semelle risque de casser donc il est nécessaire de disposer un ferrailage sur le coté bas de la paillasse de la semelle isolée.

❖ **Cas particulier:** semelles isolées à des niveaux différents: $\tan \alpha < 2/3$.



🌈 **Mise en œuvre :** La réalisation de cette semelle se fait en plusieurs étapes.

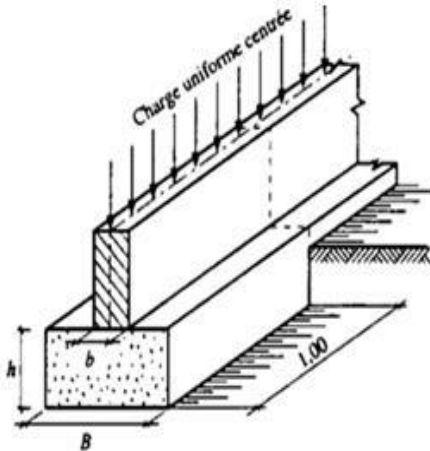
- Tout d'abord, on coule une fine couche de béton sans ferrailage (5 -10 cm) qui sera dosée avec une proportion moindre de ciment que la semelle principale (environ 150 kg/m³). Cette étape a pour but de créer une couche légèrement plus résistante et de protéger la semelle contre d'éventuelles agressions du sol. On appelle cette première couche le **béton de propreté**.
- Vient ensuite le coulage de la semelle qui a une épaisseur bien plus importante et qui sera quant à elle ferrillée ou non selon la portance du sol.
- L'utilisation du ferrailage au niveau de la semelle : Les armatures disposées suivant le grand côté constitueront le lit inférieur du quadrillage, elles doivent être munies de retours ou crochets pour équilibrer l'effort provenant des bielles. Ces retours ou crochets doivent avoir un rayon de courbure suffisant pour satisfaire la condition de non écrasement du béton, ces retours se feront avec un angle au centre de 120° au minimum.
- Enfin, pour des raisons pratiques, les semelles isolées sont réalisées lorsque les poteaux sont assez éloignés les uns des autres. Dans la situation où ils seraient trop proches, il est plus avantageux de recourir à des semelles filantes, car plus rapide à réaliser.



B) La Semelle Filante ou Continue :

🌈 **Définition** : Les semelles filantes sont les fondations des voiles. On entend par semelle filante une semelle qui est continue. On cite deux utilisations pour ce type de semelle : supporter plusieurs colonnes ou bien un mur porteur. Un des principaux avantages de ce type de semelle est qu'elle est mieux adaptée à des sols moins homogènes, car la surface de contact est plus importante ce qui limite le risque de tassement différentiel.

1- Semelles continues sous murs:



2- Semelles continues sous piliers:

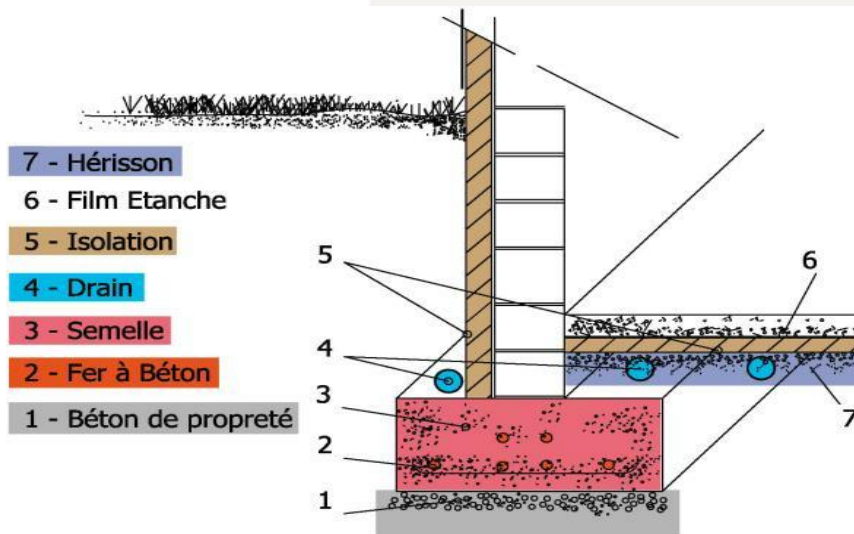
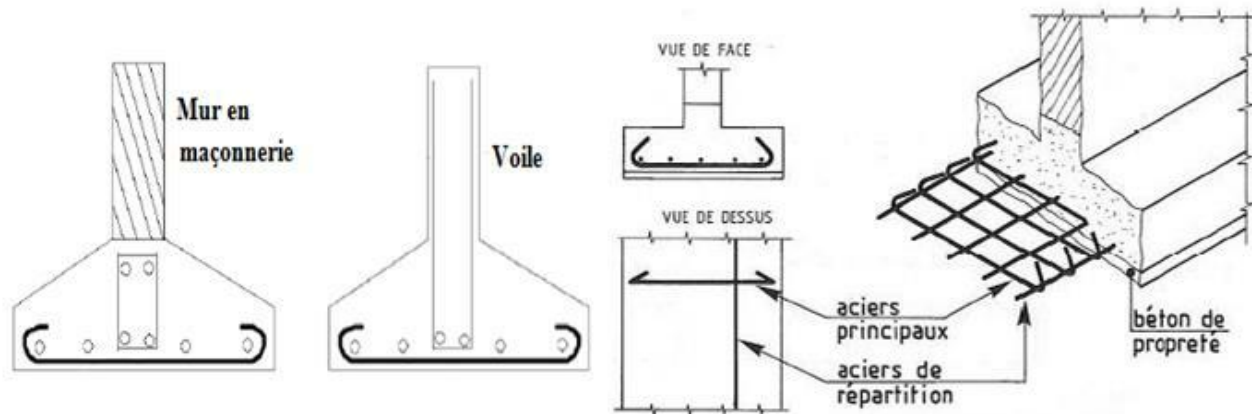


Schéma de Principe de Semelle Filante

🌈 Principe de Fonctionnement:

- **Semelle filante sous un voile** : Elle fonctionne comme une poutre renversée dans un seul sens.
- **Semelle filante sous une série de poteaux** :
 - ✓ Dans le sens OX, elle fonctionne comme une semelle isolée.
 - ✓ Dans le sens OY, elle fonctionne comme une poutre renversée.



🌈 **Mise en œuvre** : La mise en œuvre des semelles filantes s'effectue en quatre étapes :

- L'excavation de la tranchée : la semelle filante repose sur un béton de propreté ou un film polyane.
- Le ferrailage de la semelle : on pose ce dernier en fond de tranchée, avec un espace de recouvrement, en fond de semelle, de 4 cm.
- La mise en place des raccords d'angle.
- Le coulage du béton : en respectant bien un recouvrement en partie haute de la semelle filante de 4 cm de béton par-dessus le ferrailage.



C) Le Radier :

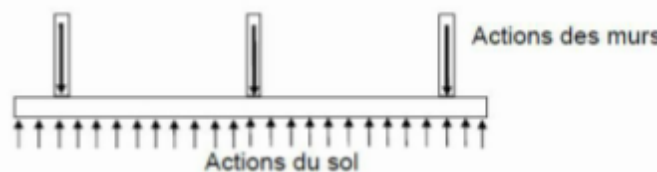
🌈 **Définition** : système de fondation constitué d'une dalle épaisse en béton armé, réalisé sous l'ensemble de la construction. Ce type d'ouvrage, peu utilisé en maison individuelle, est réservé aux sols instables. Le radier est justifié si la surface des semelles isolées ou continues est très importante (supérieure ou égale à 50 % de l'emprise du bâtiment). Ce qui est le cas lorsque :

- ✓ Le sol a une faible capacité portante mais il est relativement homogène.
- ✓ Les charges du bâtiment sont élevées (immeuble de grande hauteur).
- ✓ L'ossature a une trame serrée (poteaux rapprochés).
- ✓ La profondeur à atteindre pour fonder sur un sol résistant est importante.
- ✓ Il est difficile de réaliser des pieux (coût - vibrations nuisibles).
- ✓ Il existe des charges excentrées en rive de bâtiment.

Les avantages des fondations sur radier général sont d'une part une diminution des risques de tassement, et d'autre part l'excellente liaison des bases de l'ouvrage.

🌈 **Mode de fonctionnement** : Actions mécaniques agissant sur le radier :

- Les actions descendantes (poids propre, poids de la superstructure et actions extérieures) transmises par les murs et poteaux.
- Les actions ascendantes du sol réparties sous toute sa surface.



Donc le radier se comporte comme un plancher renversé.

🌈 **Types du Radiers** :

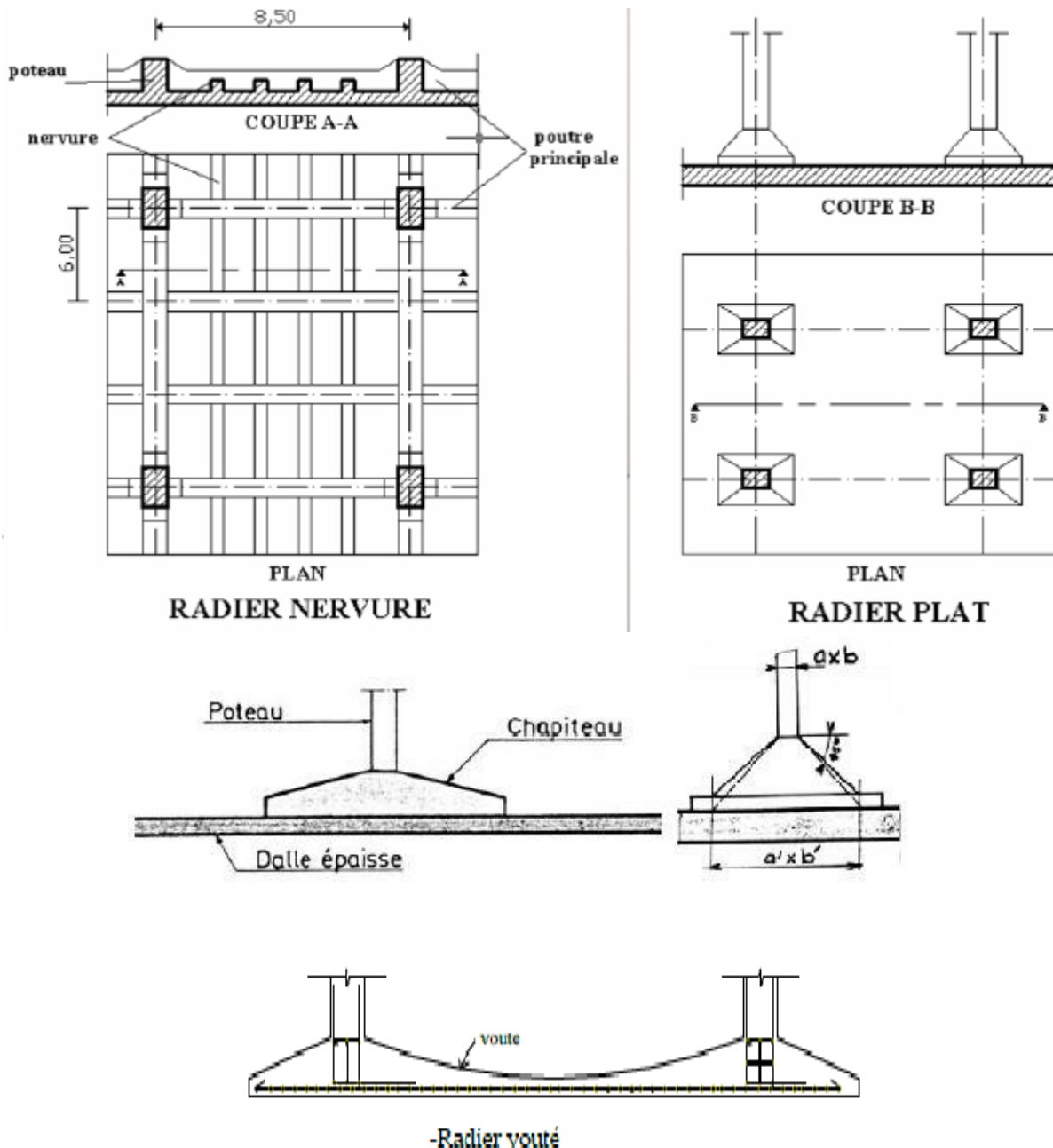
🌿 **Radier plan épais** : C'est une dalle d'épaisseur constante $< 0,30$ m, coffrée sur son pourtour, fortement armée, mais réservée à de petits bâtiments vu l'importance du béton qui surcharge la structure. Convient aux charges assez faibles et aux bâtiments de petite emprise.

- ✓ Facilité et rapidité d'exécution.
- ✓ Les murs ou les poteaux viennent s'appuyer directement sur la dalle avec possibilité de renforcer les sections de béton au droit des appuis.

🌿 **Radier plan nervuré** : C'est une dalle mince renforcée par des nervures et des poutres espacées de 2,50 m à 3,50 m, son coffrage et son ferrailage sont compliqués et son coût est important, mais sa faible masse par rapport au précédent le réserve à des bâtiments plus importants.

🌿 **Radiers Champignons** : Se composent de poteaux et de chapiteaux. Les charges sont réparties des poteaux jusqu'aux chapiteaux puis transmises à la dalle. Ce type de radier permet une meilleure répartition. Le chapiteau peut être incorporé dans la dalle (béton fortement armé pour le chapiteau) ce qui permet d'avoir une surface totalement plane.

🔥 **Radiers voûtés** se constituent de plusieurs voûtes, de poteaux et de tirants en acier. Les voûtes sont placées perpendiculairement au radier ainsi que les tirants positionnés perpendiculairement à l'axe des voûtes. Les voûtes subissent un effort de compression mais aucun moment de flexion. Les radiers voûtés sont peu encombrants car minces (de 12 cm à 20 cm) et de ce fait nécessitent moins de matériaux pour leur réalisation.



❖ **Liaisons des fondations** : Les massifs de fondations peuvent être isolés ou reliés entre eux pour rigidifier l'ensemble de l'infrastructure (ou pour des raisons mécaniques particulières - semelles excentrées). Ces éléments de liaison sont **des longrines**. Ce sont des poutre préfabriquée en béton armé ou en béton précontraint placée sous un mur porteur et prenant appui sur des plots.

🌈 **Réalisation d'un radier** : Pour réaliser un radier, il faut respecter plusieurs étapes :

- 1- **Le Terrassement** du sol de manière à obtenir une surface la plus plane possible.
- 2- **Coffrage des bords**, creuse des fouilles pour les canalisations et hors gel.
- 3- **Isolation** : Pose de l'isolation en fond de radier.
- 4- **Le ferrailage** : Une première nappe de treillis soudés est positionnée sur des cales servant à assurer l'enrobage des aciers. Des écarteurs en aciers sont placés sur la première nappe pour en supporter une deuxième. L'ensemble est ligaturé à l'aide de liens en acier.
- 5- **Le Coulage du béton**. On utilise un malaxeur (camion) pour couler le béton du radier. Quand les aciers sont très rapprochés, il faut utiliser un béton très fluide ou auto-nivelant.

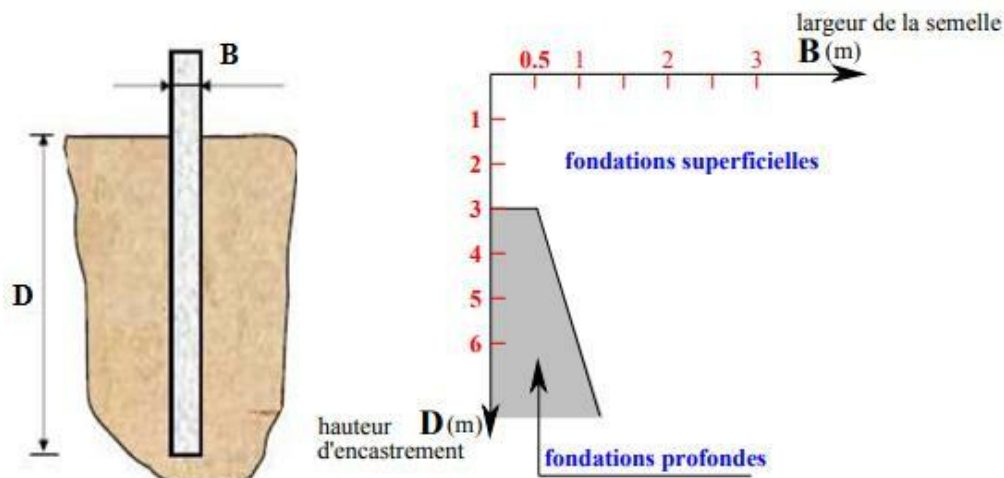


3- Les fondations profondes :

🌈 **Définition:** Une fondation profonde est un type de fondation qui transfère des charges de bâtiment vers la terre plus loin de la surface qu'une fondation peu profonde. Ses dimensions sont définies par :

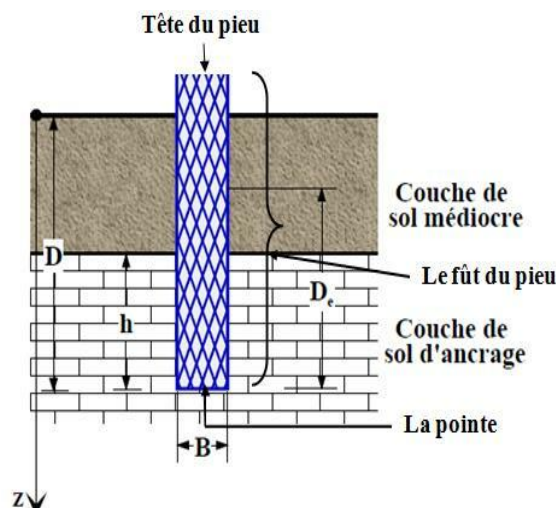
D : Longueur de fondation enterrée dans le sol.

B : largeur de la fondation ou diamètre Au-delà de $D/B > 6$, et $D > 3$, nous sommes dans le domaine des fondations profondes.



D'une manière générale, les fondations profondes sont souvent désignées par le terme de « pieu »

🌈 **Fondation Sur Pieux:** fondation spéciale constituée d'un élément très allongé dont la longueur est de l'ordre d'une dizaine de mètres, de forme généralement cylindrique, en métal ou en béton. Ils représentent une solution technique à l'éloignement en profondeur du sol porteur. On distingue deux principaux types de pieux : **le pieu battu** (pièce préfabriquée enfoncée verticalement dans le sol) et **le pieu foré et moulé** (après forage à l'aide d'un tube métallique spécial, l'excavation est remplie de béton frais). Les pieux sont essentiellement réservés aux bâtiments à plusieurs niveaux édifiés sur des sols très peu résistants. Les 3 parties principales d'un pieu sont la tête, la pointe, et le fût compris entre la tête et la pointe.



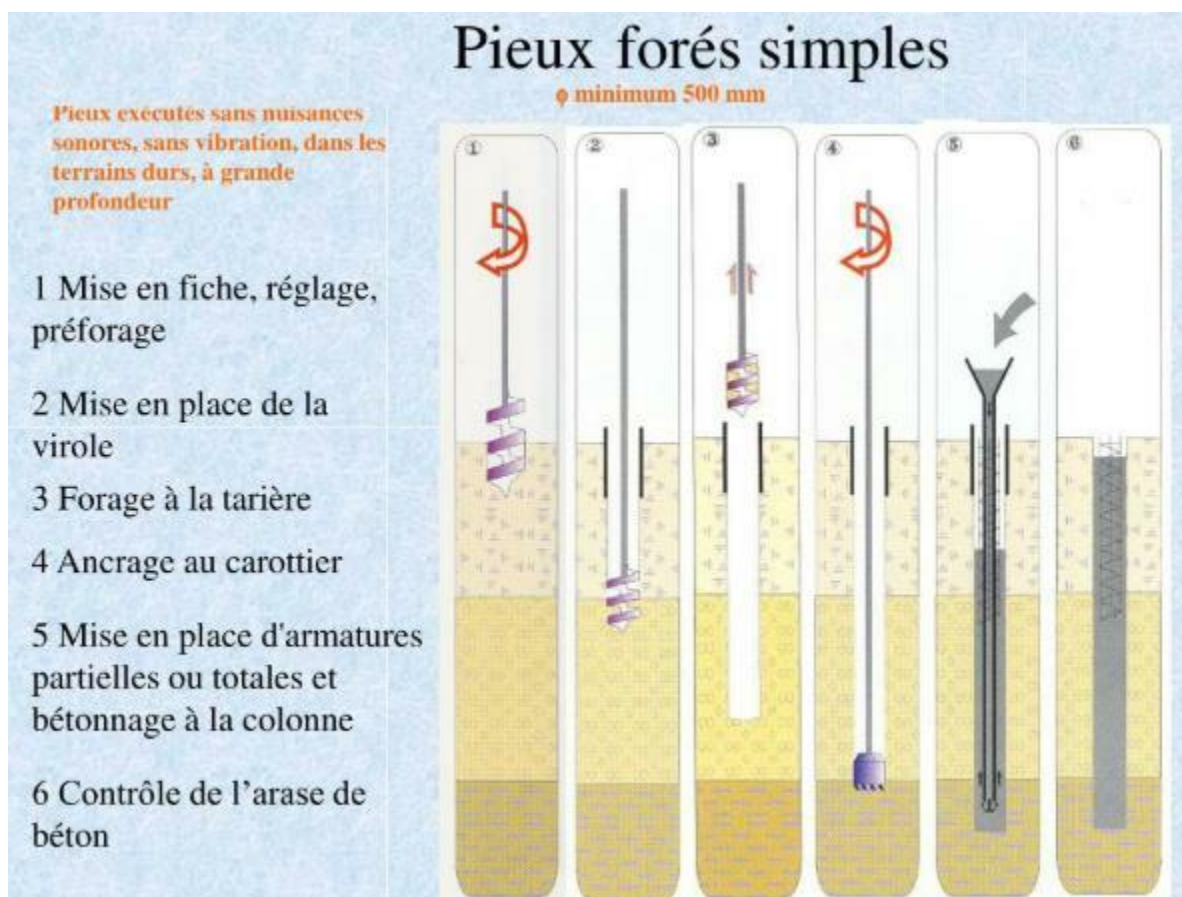
Types de pieux :

➤ Classification des pieux selon le mode d'introduction dans le sol :

1. Pieux préfabriqués : Les pieux préfabriqués sont mis en place par refoulement dans le sol, généralement par battage.



2. Pieux exécutés in situ : Ces pieux sont exécutés par le forage.



➤ **Classification des pieux selon le mode de fonctionnement :**

1. Pieux à effet de la pointe : Ces pieux transmettent les charges sur le bon sol par ses pointes.
2. Pieux flottants : Ils transmettent les charges par le frottement latéral et ne reposent pas sur le bon sol.
3. Pieux à effet de la pointe et frottement latéral (mixte) :

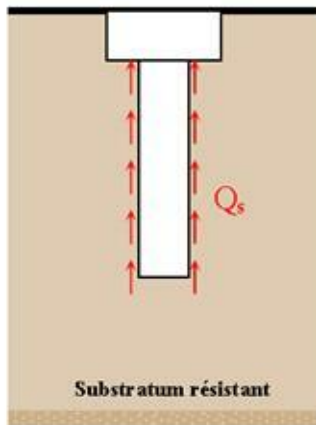


Schéma d'un pieu flottant

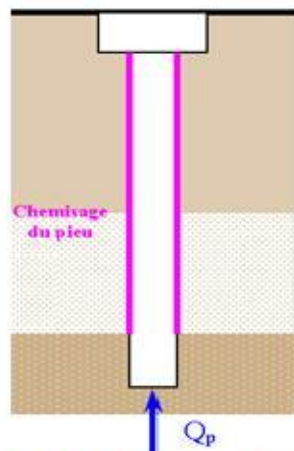


Schéma d'un pieu chargé en pointe

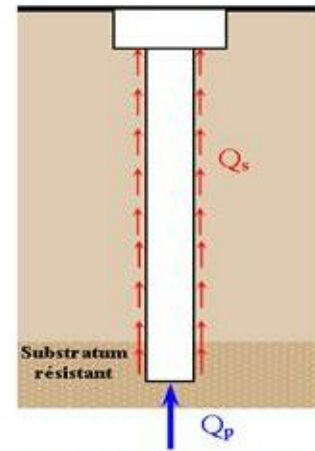


Schéma d'un pieu combiné

➤ **Dimensionnement des pieux :** Le dimensionnement des pieux est un compromis économique entre :

- Le nombre de pieux (plus il y a de pieux et plus on peut transférer de charges au sol).
- Le diamètre du pieu (plus le diamètre du pieu est important, plus on peut transférer de charges au sol).
- La profondeur du pieu (plus le pieu est profond, plus on peut transférer de charges au sol).

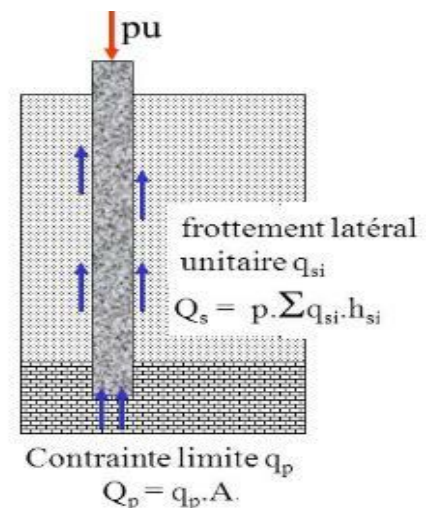
Les propriétés courantes des pieux en béton armé sont : 20 m de profondeur, 500 mm de diamètre. On peut arriver à des dimensions extrêmes de l'ordre de : 100 m de profondeur et 3 m de diamètre.

➤ **Équilibre du pieu :** Le pieu reprend des charges principalement de compression. A la descente de charges (P_u) s'opposent deux réactions :

- L'effet de pointe : action du sol sur la base du pieu.
- Le frottement latéral : action le long de la hauteur du pieu :

Soit Q_p l'effort total de pointe et Q_s l'effort total de frottement latéral (en Newton). Il y a équilibre du pieu si :

$$Q_p + Q_s = P_u, \text{ avec : } Q_p = A_{\text{pieu}} \cdot q_p \text{ et } Q_s = p \sum qh$$



III. Techniques de coffrage et de ferrailage des structures de bâtiments :

1- Coffrage :

 **Définition** : Le coffrage est une structure provisoire qui permet de donner à un ouvrage en béton armé sa forme définitive.

 **Rôle et fonction d'un coffrage** : Un coffrage doit tenir compte de certaines dispositions constructives et doit répondre à des exigences sur le plan de la qualité, et de la sécurité.

 **Rôle** : Un coffrage doit :

- Mouler le béton pour lui donner sa forme définitive.
- Donner des parements propres, lisses et/ou architecturés.

 **Fonction** : Ses fonctions principales sont :

- **La rigidité et indéformable**: La structure doit pouvoir résister à la poussée du béton sans se déformer afin de respecter la forme à réaliser.
- **La stabilité** : Le coffrage doit rester en position sans risquer de se renverser.
- **La sécurité** : Le poste de travail doit être accessible et protégé.
- **L'étanchéité** : La jonction entre les différents panneaux doit être soignée pour éviter les pertes de laitance.
- **La simplicité** : Il est conçu de sorte que sa fabrication, sa mise en place, son assemblage et même le décoffrage, soient le plus simple et le plus rapide possible afin d'en réduire les coûts de mise en œuvre.
- **La durabilité** : En fonction du nombre de réemplois, il doit être de conception plus ou moins robuste.

 **Analyse fonctionnelle du coffrage au travers de sa conception** : Le coffrage repose toujours sur les mêmes principes, une peau de coffrage, une ossature, un étalement, un système de serrage et une sécurité adaptée.

 **La peau de coffrage** : C'est la surface provisoire qui est en contact avec le béton. Elle détermine son aspect définitif. Elle est constituée par : Des planches de 27 mm, Du contreplaqué et Tôle en acier ($2 < \text{épaisseur} < 5\text{mm}$).

Son rôle : - Assurer un aspect de surface conforme aux exigences. - Assurer l'étanchéité aux jonctions des panneaux.

 **L'ossature du coffrage** : On distingue dans sa composition :

- Des raidisseurs primaires directement en contact avec la peau de coffrage. Leur espacement varie de 0.20 m à 0.50 m suivant les efforts du béton à reprendre. On cite : - Des planches - Chevron ou basting - Structure métallique
- Des raidisseurs secondaires posés perpendiculairement aux raidisseurs primaires. Leurs espacements varient de 0,40 à 1,00m et plus suivant les efforts du béton à reprendre. On cite : - Chevron, basting ou madrier - structure métallique

Son rôle : - Rigidifier la peau de coffrage pour résister à la poussée du béton. - Assure une durabilité en fonction du nombre de réemploi.



🌈 **Etalement de coffrage** : Il est constitué de :

- Etais tire pousse (pour coffrage de hauteur > à 1.00m) espacé environ de 1.50 m à 2.50 m.
- Basting ou chevron (pour coffrage de petite hauteur ~ 1.00m) espacé tous les 1m environ.

Son rôle : - Permet d'assurer la stabilité de l'ensemble du coffrage, sa position et son réglage (verticalité, alignement) pendant le bétonnage.



🌈 **Serrage** : Le serrage est constitué de :

- Tiges filetées, écrou et plaques acier.
- Serres joints.

Son rôle : - Le serrage permet de contenir les efforts du béton transmis sur l'ensemble des raidisseurs secondaires et assure une bonne fermeture du coffrage.



🌈 **Sécurité** : Les accès et les zones de travail sur un coffrage doivent être sécurisés. La sécurité est constituée :

- De plate-forme de travail.
- D'échelles avec trappe d'accès.
- De garde corps.

Son rôle : Garantir un confort dans les exécutions des tâches (coffrage, ferrailage, bétonnage, Décoffrage).

Les grandes familles de coffrages : Il existe 3 grandes familles de coffrage à savoir :

Les Coffrages Bois (coffrage traditionnel) :



- **Avantages** : Facile à travailler et modifier sur chantier, moins couteux. C'est un coffrage souvent manu-portable.
- **Inconvénients** : mise en place plus longue, le nombre de réemplois es limité (10 to 20 réemplois maxi).



🌈 **Les Coffrages Métal** :

- **Avantages** : Très robuste réemploi important à 20 réemplois, Rapide de mise en place et Aspect de la pièce décoffrée de bonne qualité.
- **Inconvénients** : Cher à fabriquer et Poids plus important.



🚧 Les Coffrages Mixtes (Bois + Métal) :

- **Avantages** : Résistant, robuste et s'adapte aux formes de coffrage à réaliser sur chantier.
- **Inconvénients** : La peau de coffrage doit être renouvelée régulièrement.



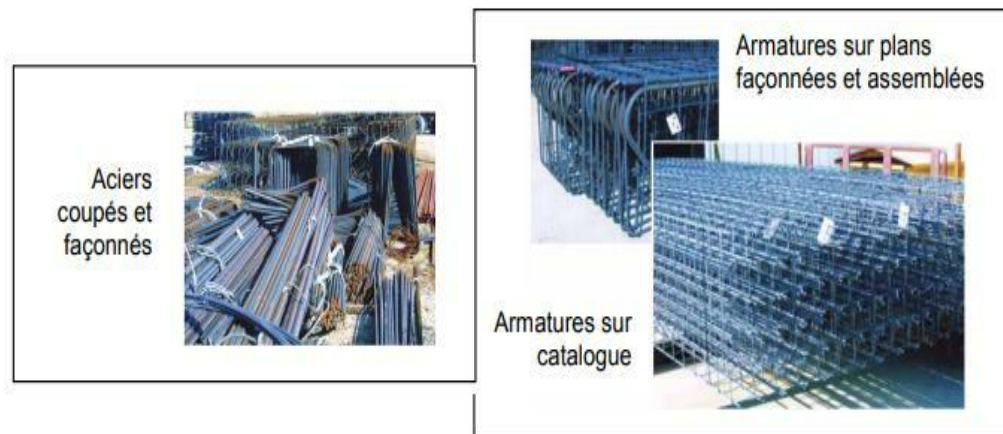
2- Le Ferrailage (Armature) :

- 🔥 **Définition** : L'armature et le ferrailage sont des matériaux indispensables pour renforcer du béton ou de la maçonnerie. Assemblées sur chantier ou préfabriquées, ils améliorent la résistance et la stabilité des constructions. Leurs formes et tailles, ainsi que la qualité des aciers répondent à des normes précises.
- 🔥 **Rôle et fonction des armatures** : De par son caractère hétérogène, le béton est beaucoup plus faible en traction qu'en compression. En effet, même si les résistances en compression des bétons atteignent de hautes, voire très hautes, performances (plus de 100 MPa), les résistances en traction n'évoluent pas de la même manière (environ 3 MPa pour les bétons ordinaires et seulement environ 5 MPa pour les bétons à très hautes performances). On compense cette relative faiblesse du béton par le recours aux armatures métalliques qui ont pour rôle de reprendre les efforts de traction.
- 🔥 **Différents formes d'armatures** : Les aciers se présentent sous forme de barres de grande longueur (souvent 12 mètres) ou de fils en couronnes :
 - Barres, droites lisses: diamètre de 5 à 50 mm.
 - Barres droites à haute adhérence: diamètre de 6 à 50 mm.
 - Fils à haute adhérence en couronne: diamètre de 5 à 16 mm.



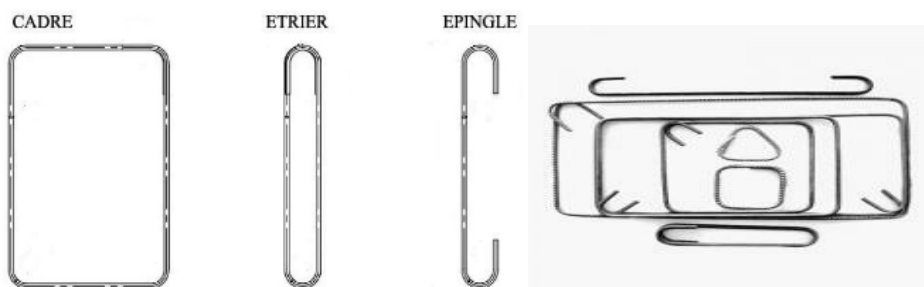
🔧 Différents types d'armatures :

- 🔧 **Les armatures courantes** : On distingue les armatures « coupées-façonnées » qui sont obtenues par coupe et façonnage des aciers, à la demande (en conformité avec les plans d'exécution définis par les bureaux d'études) et les « armatures assemblées » d'un modèle standard, constituées par assemblage des armatures coupées façonnées sous forme de « cages » ou de « panneaux » et utilisées pour des applications courantes (semelles de fondation, poteaux, linteaux...).
- Ils sont: soit assemblées en usine, puis livrées sur le chantier soit livrées sur le chantier coupées, façonnées, puis assemblées sur le site, à proximité de l'ouvrage ou directement en coffrage.
 - Ils sont donc utilisées sur les chantiers et mises en place dans les coffrages : soit sous forme de barres (droites ou coupées et façonnées en fonction des formes décrites sur les plans d'exécution), soit sous forme de treillis soudés (réseaux plans à mailles en général rectangulaires, constitués de fils ou de barres assemblés par soudage et dont la résistance au cisaillement des assemblages est garantie) fabriqués en usine et livrés en panneaux et sous forme d'armatures pré-assemblées en cages ou en panneaux (prêtes à mettre en place dans le coffrage).



🔧 **Cadre, étrier, épingle** : armature transversale assurant une des fonctions suivantes :

- ✓ Résistance à des sollicitations tangentes.
- ✓ Coutures de recouvrements.
- ✓ Maintien du flambement de barres comprimées.
- ✓ Maintien d'armatures soumises à une poussée au vide.
- ✓ Frettage.



🔪 **Découpage des armatures sur chantier** : La découpe des armatures peut être réalisée sur un chantier avec une coupe-boulon, une tronçonneuse à matériaux ou une cisaille électrique, selon les diamètres.



🔧 **Façonnage des armatures** : le façonnage des armatures sur chantier peut être réalisé sur une table de cintrage. Celle-ci permet de cintrer manuellement, à hauteur d'homme, les barres filantes. Il existe également des cintreuses électroportatives et des machines à cintrer que l'on rencontre rarement sur les chantiers. Les valeurs minimales de diamètres intérieurs de cintrage doivent permettre de satisfaire la condition : Ne pas endommager l'armature lors du cintrage.



