

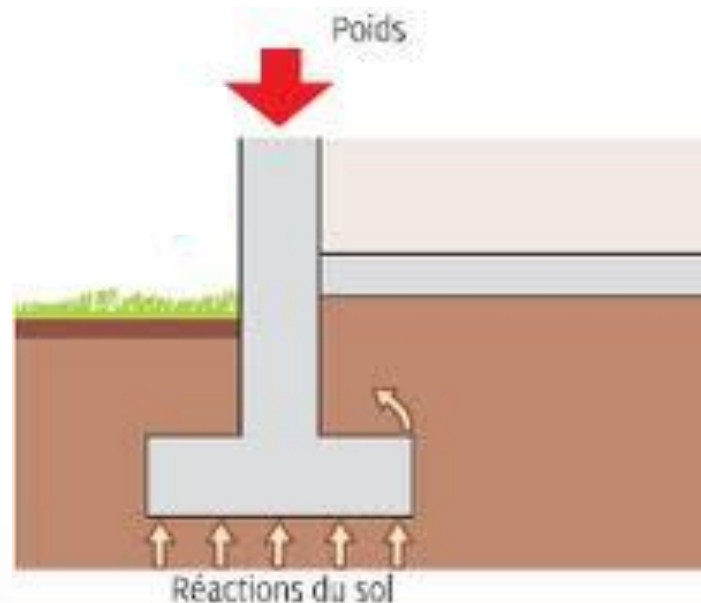


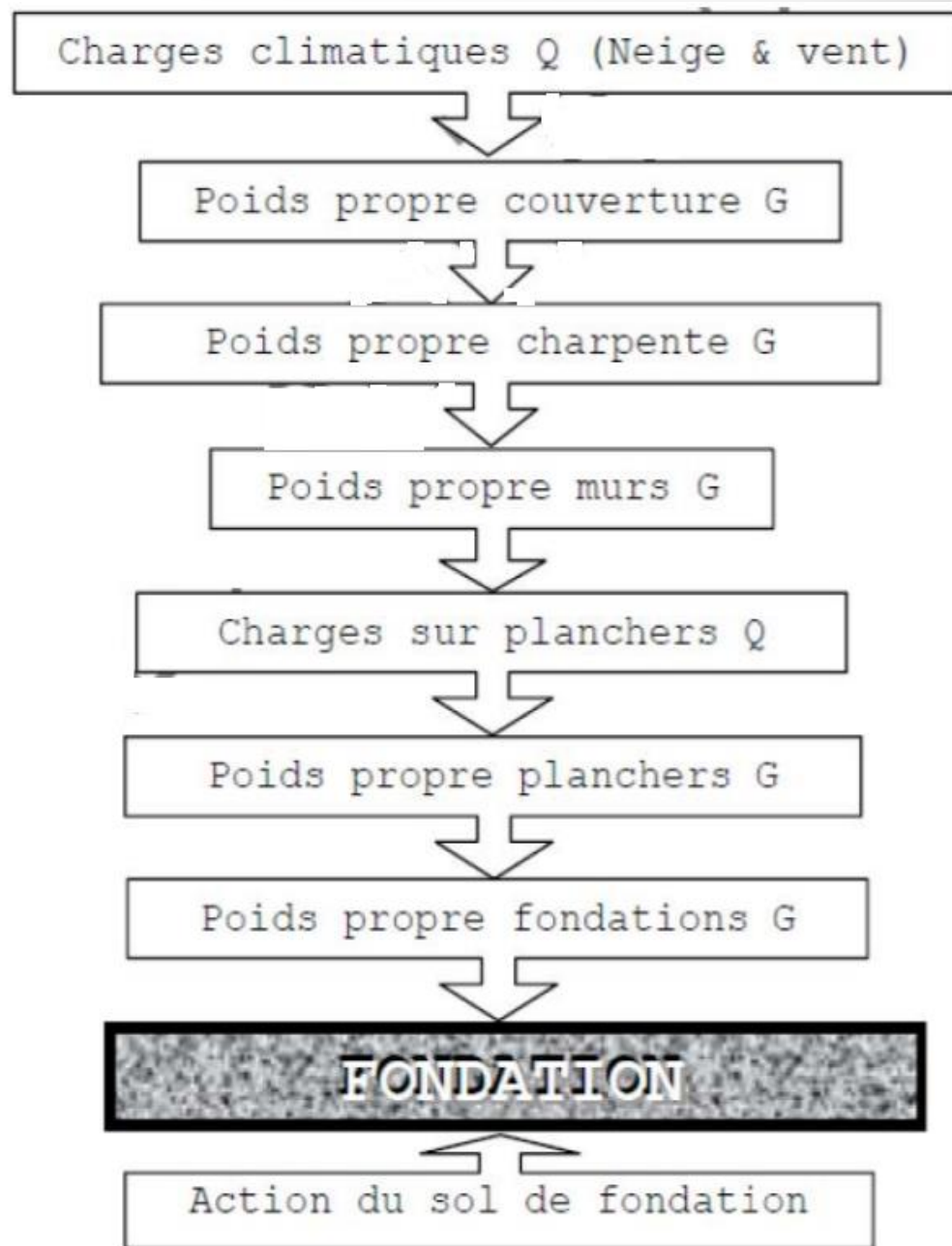
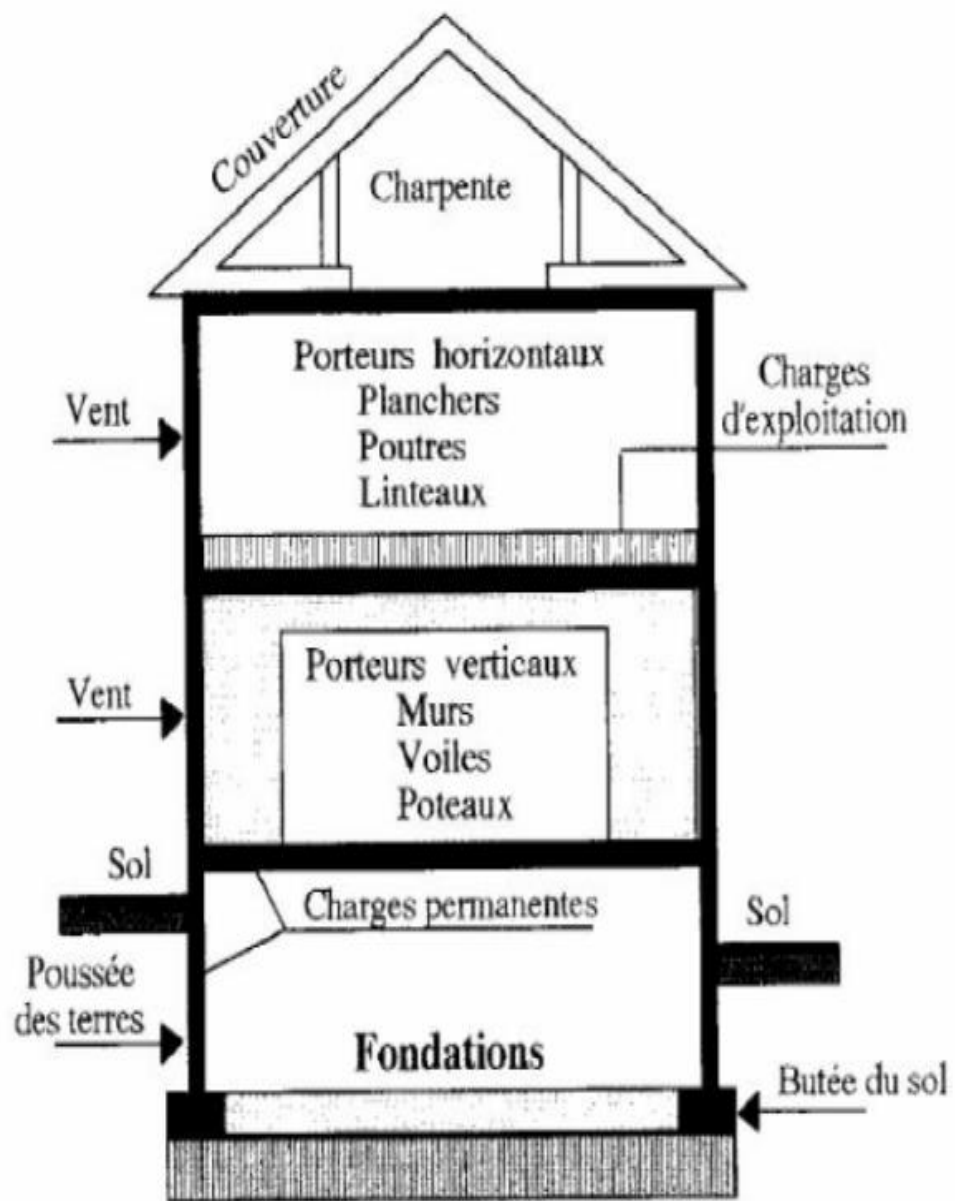
# COURS FONDATION

## Fondations superficielles

### 1 - Rôle des fondations :

Les fondations servent à transmettre au sol les charges dues à un ouvrage, déterminées par une descente de charges. Elles doivent aussi assurer l'équilibre statique de la construction (pas de glissement horizontal, ni d'enfoncement ni de basculement) et être suffisamment résistantes.





## DIFFERENTS TYPES DE FONDATIONS

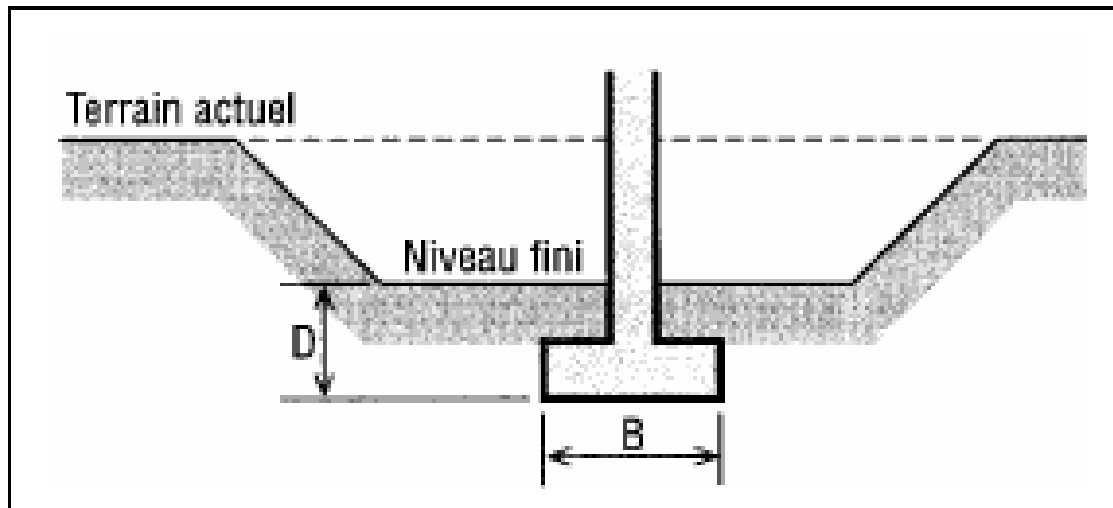
Les fondations peuvent être classées par rapport aux terrains suivant trois types

- ☐ Fondations superficielles
- ☐ Fondations semi profondes (puits)
- ☐ Fondations profondes (peux)

## Fondations superficielles

### 2 - Désignation des fondations :

Une fondation est dite superficielle si  $D < 3 \text{ m}$  ou si  $D < 6 B$ .



D : désigne la distance entre le dessous de la fondation et le niveau fini du sol.

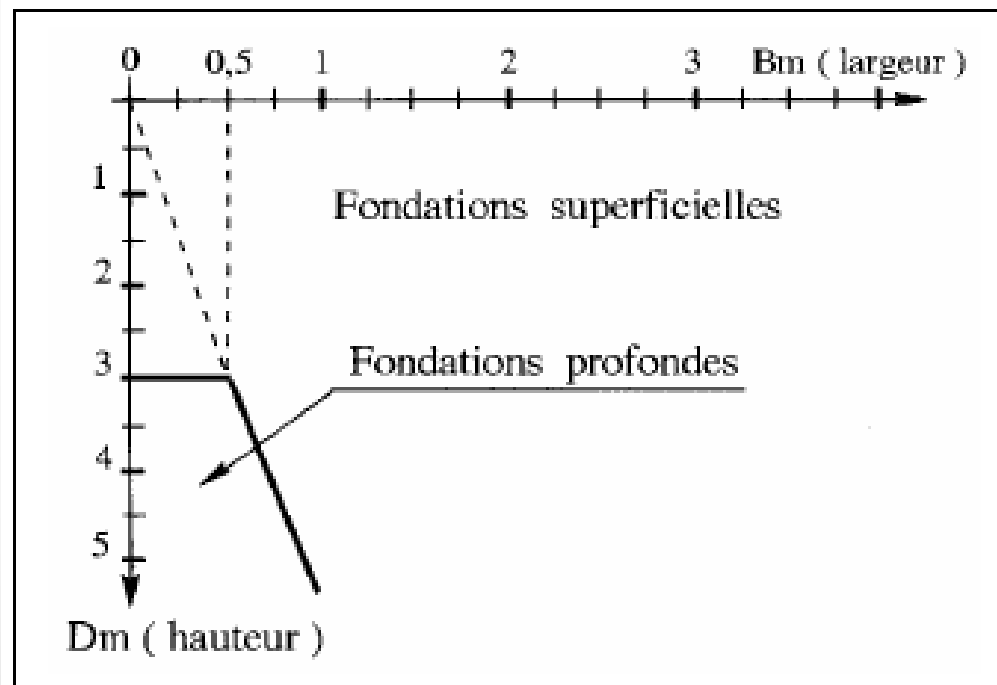
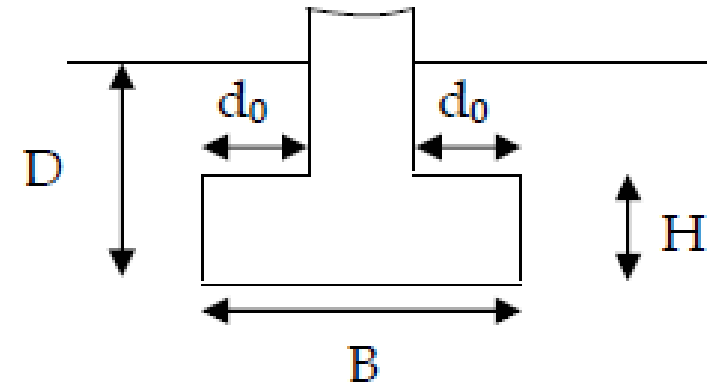
B : correspond à la largeur de la semelle.

## Fondations superficielles

$H$  : hauteur de la semelle

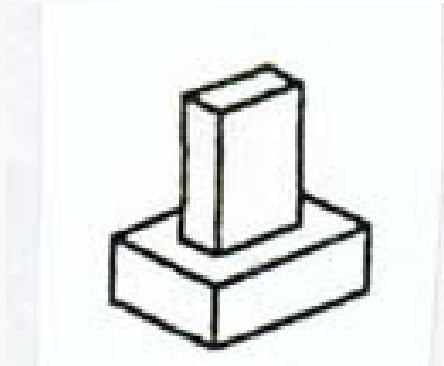
$L$  : longueur de la semelle

$d_0$  : débord de la semelle

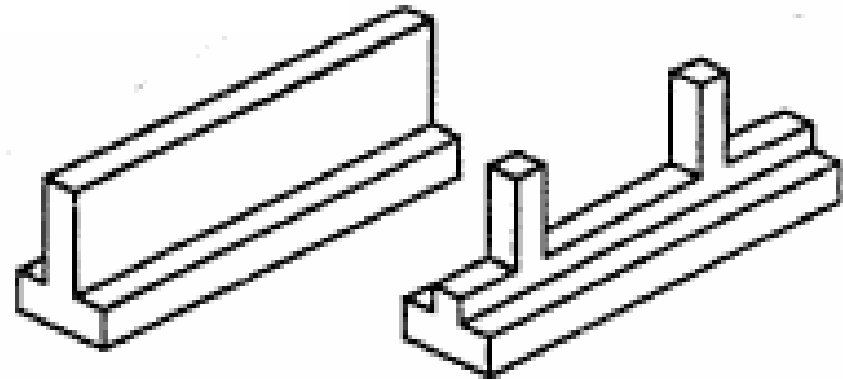


## Fondations superficielles

### 3 - Les trois types de fondations superficielles :



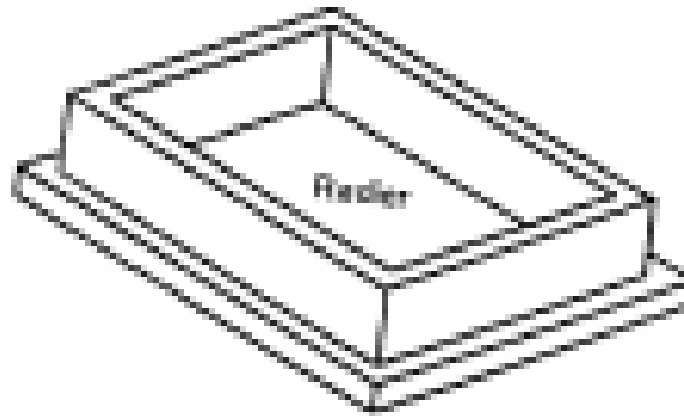
les **semelles isolées** sous poteaux sont telles que  $L < 5 B$ .



les **semelles filantes** sous murs ou sous plusieurs poteaux rapprochés, sont telles que  $L > 5 B$ .

## Fondations superficielles

### 3 - Les trois types de fondations superficielles :



les **radiers** sous l'ensemble ou une partie d'un ouvrage.



## Fondations superficielles

### 4 – Matériaux des semelles :

#### 4 – 1 Matériau utilisé

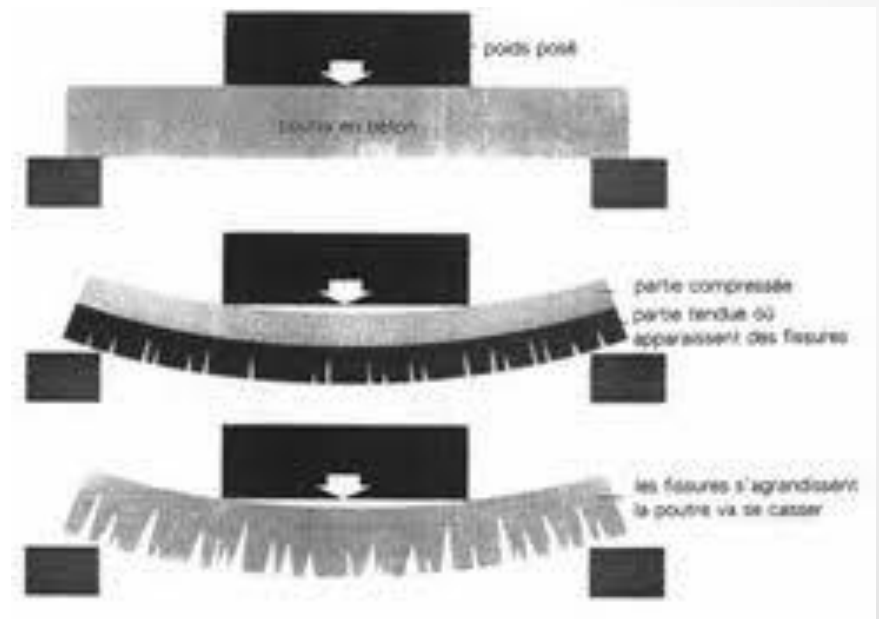
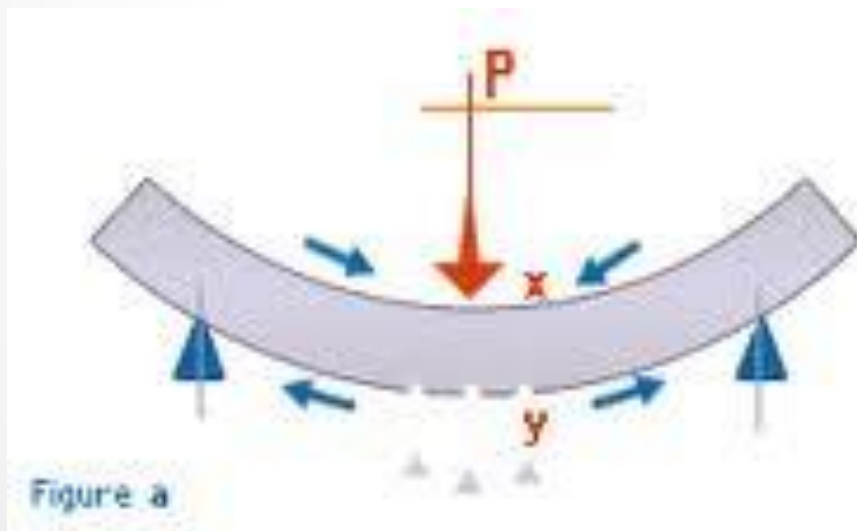
Les fondations sont en béton non armé ou en béton armé. Le ciment utilisé dépend du risque de venue d'eaux agressives dans le sol ou du risque de temps froid.

- en béton non armé dosé à 200 kg de ciment par  $\text{m}^3$  de béton dans le cas de charges très peu importantes (exemple : mur de clôture) et d'un sol consistant, résistant et homogène,
- en béton armé dosé à 350 kg de ciment /  $\text{m}^3$  de béton dans les autres cas.

## Fondations superficielles

### 4 - 2 Association acier - béton (béton armé) :

Le béton résiste dix fois plus à la compression qu'à la traction. Afin d'éviter que le béton travaille à la traction, et sachant que l'acier est un matériau qui résiste très bien à la traction et à la compression mais qui coûte cher, l'idée est de placer des aciers dans les parties tendues du béton. C'est le principe du béton armé.



## Fondations superficielles

### 4 – 2 Association acier – béton (béton armé) :

Cette association est possible et durable car

- 1°) Les deux matériaux n'ont pas d'action chimique nuisible ensemble.
- 2°) Le béton se moule facilement, enrobe les aciers et les protège contre la corrosion.
- 3°) Les deux matériaux ont le même coefficient de dilatation thermique aux températures usuelles courantes.
- 4°) Les deux matériaux ont une bonne adhérence l'un avec l'autre, ce qui permet la transmission des efforts.

## Fondations superficielles

### 5 - Dimensionnement des semelles

#### 5 - 1 contrainte de calcul du sol

Pour dimensionner une semelle, on utilise une contrainte de calcul notée  $q_d$ , contrainte pouvant être mobilisée sous la fondation sans danger de tassement et de rupture du sol.

Cette contrainte dépend de la nature du sol; elle est obtenue :

- soit à partir des essais de sol :

Les essais de sol peuvent être effectués en laboratoire ou en place. Suivant le type d'essais effectués, il existe des formules permettant de calculer cette contrainte à partir des valeurs obtenues lors des essais.

#### Rappel:

Une contrainte correspond à une pression ( force/surface).

## Fondations superficielles

### 5 – 1 contrainte de calcul du sol

- soit à **partir de l'expérience** acquise sur des réalisations existantes voisines pour un sol et un ouvrage donné, ou suivant la **nature géologique** du sol.

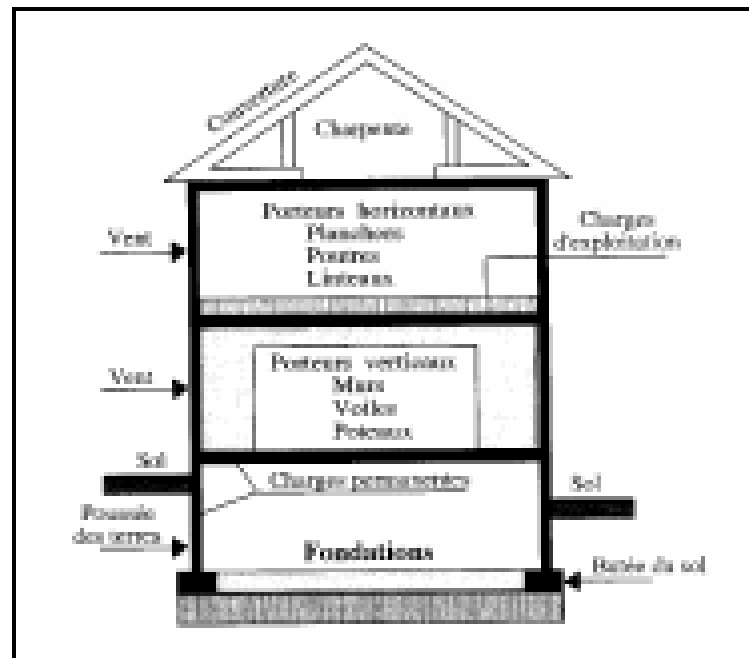
Nature du sol	q (MPa)
Roches peu fissurées saines non désagrégées et de stratification favorable	0,75 à 4,5
Terrains non cohérents à bonne compacité	0,35 à 0,75
Terrains non cohérents à compacité moyenne	0,2 à 0,4
Argiles (*)	0,1 à 0,3
* Certaines argiles très plastiques ne sont pas visées dans ce tableau.	

Nature géologique du sol	q (MPa)
Limon de plateaux	0,15 à 0,30
Terre à meulière	0,30 à 0,45
Marne verte, argile	0,07 à 0,45
Alluvions anciennes, sables et graviers	0,60 à 0,90
Sables de Beauchamp	0,75 à 1,50
Craie	0,90 à 1,00
Marne + caillasse	0,75 à 1,50
Calcaire grossier	1,80 à 4,50

## Fondations superficielles

### 5 – 2 Effet de la superstructure

la structure supporte des charges permanentes (poids des parties porteuses et non porteuses de l'ouvrage) notées  $G$  et des charges variables telles que les charges d'exploitation (poids des meubles et des personnes...) notées  $Q$ .



## Fondations superficielles

### 5 – 2 Effet de la superstructure

Pour le calcul des éléments porteurs verticaux tels les poteaux, les murs en béton armé et jusqu'au fondations la charge et la surcharge doivent être pondérer.

Suivant deux états d'utilisation :

état d'utilisation extrême

**ELU**

$$N_{Ed} = 1,35 G + 1,5 Q$$

état d'utilisation quotidien

**ELS**

$$N_{Ed} = G + Q$$

$N_{Ed}$  : étant l'effort qui sert pour le calcul



## Fondations superficielles

### 5 – 2 Effet de la superstructure

**ELU** : état limite ultime : (ruine de la structure)

correspondent à une sollicitation maximale des matériaux. C'est pour cela que l'on multiplie les charges par des coefficients de sécurité 1,35 et 1,5.

**ELS** : état limite de service : (dommages repérables de la structures)

correspondent aux conditions normales d'exploitation d'un ouvrage, c'est à dire aux déformations uniquement élastiques des structures.



## Fondations superficielles

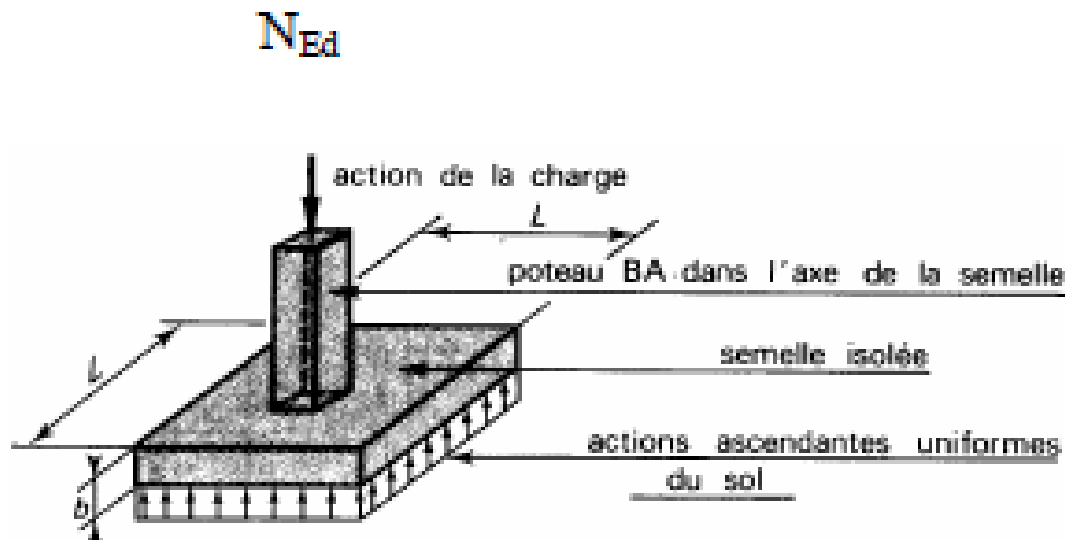
### 5 – 3 Stabilité des semelles

#### Question

Pourquoi les semelles doivent avoir des dimensions en plan assez large?

#### Réponse

Pour mieux **répartir** et diminuer la **pression sous la semelle**



$$N_{Ed} / S \leq q_d$$

avec

$S$  : surface de la semelle

## Fondations superficielles

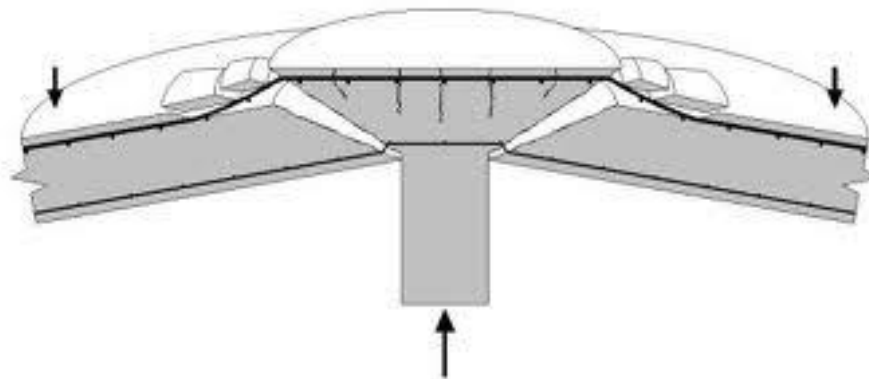
### 5 – 3 Stabilité des semelles

#### Question

Pourquoi les semelles doivent avoir une dimensions en hauteur assez grande?

#### Réponse

Pour diminuer l'effet de **poinçonnement** des poteaux ou des murs



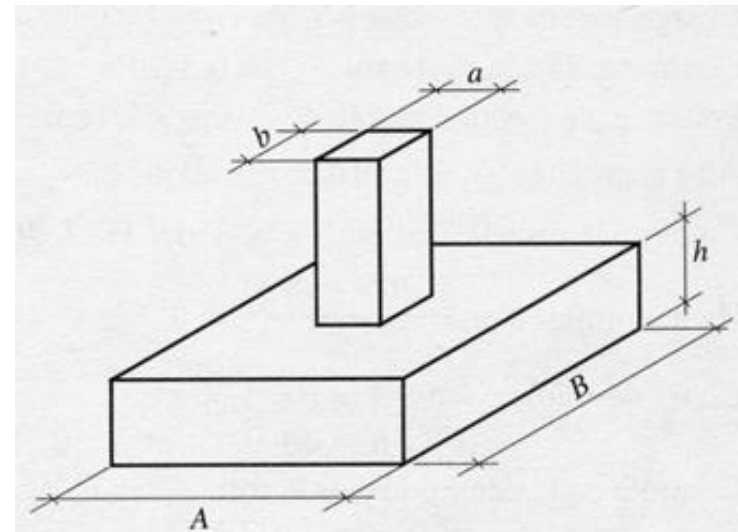
## Fondations superficielles

### 5 - 3 - 1 Semelle isolée sous poteau

Il existe 2 méthodes pour déterminer les dimensions horizontales A (en m) et B(en m) d'une semelle isolée sous un poteau de dimensions a ( en m) et b (en m) avec  $b \geq a$ .

- Si la semelle est **carrée** ou presque carrée, on déduit les dimensions de la semelle de manière homothétique par rapport aux dimensions du poteau.

$$B/A = b/a$$



## Fondations superficielles

### 5 – 3 – 1 Semelle isolée sous poteau

#### 1. On cherche A et B

On connaît  $N^{Ed}$ ,  $b$ ,  $a$  et  $q^d$ ..

$$\text{Si } b = a \quad \quad \quad \mathbf{B = A = (N^{Ed}/q^d)^{1/2}}$$

#### 2. On cherche H

On connaît A ou B

$$\mathbf{H = \max [(C - c)/4 + 0,06 \text{ m} ; 0,20 \text{ m} ]}$$

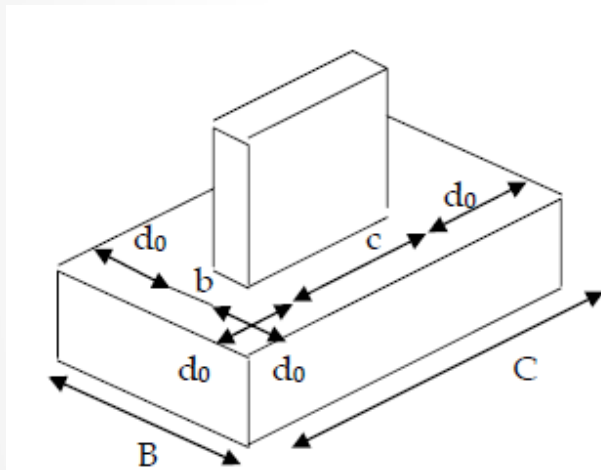
Avec  $C = \max (A;B)$

Et  $c = \max (a;b)$

## Fondations superficielles

### 5 - 3 - 1 Semelle isolée sous poteau

- Si la semelle est **rectangulaire**, on peut toujours utiliser la méthode par homothétie mais la méthode des débords égaux est plus économique.



$$B = b + 2 d_0$$

$$A = a + 2 d_0$$

$$d_0 = [- (b + c) + [(b + c)^2 - 4 (b \cdot c - N_{Ed}/q^d)]^{1/2}] / 4$$

H est donné par la même formule que pour la semelle carrée

## Fondations superficielles

### 5 - 3 - 2 Semelle filante sous mur

Considérons **1 m de mur**.

$N_{Ed}$  est la charge appliquée par 1 m de mur sur la fondation et s'exprime en MN.

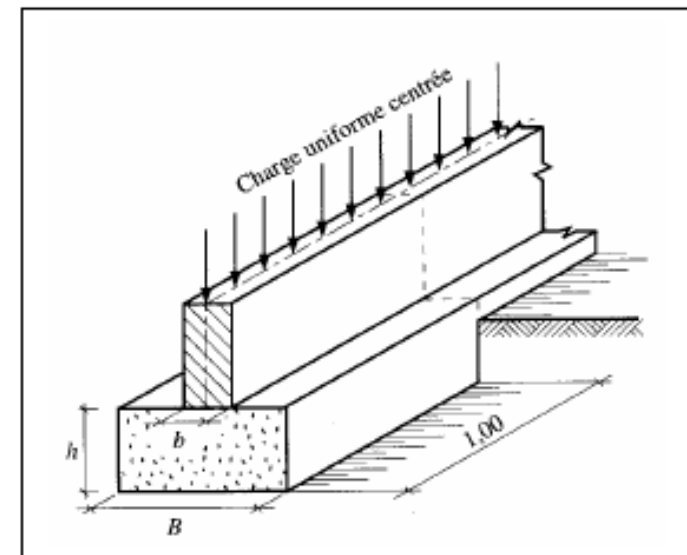
$S = B \times 1$  en  $m^2$ .

$q_d$  est en MPa.  $1 \text{ MPa} = 1 \text{ MN}/m^2$ .

$B$  : largeur de la fondation en m

$b$  : épaisseur du mur en m

$H$  : hauteur de la semelle en m,



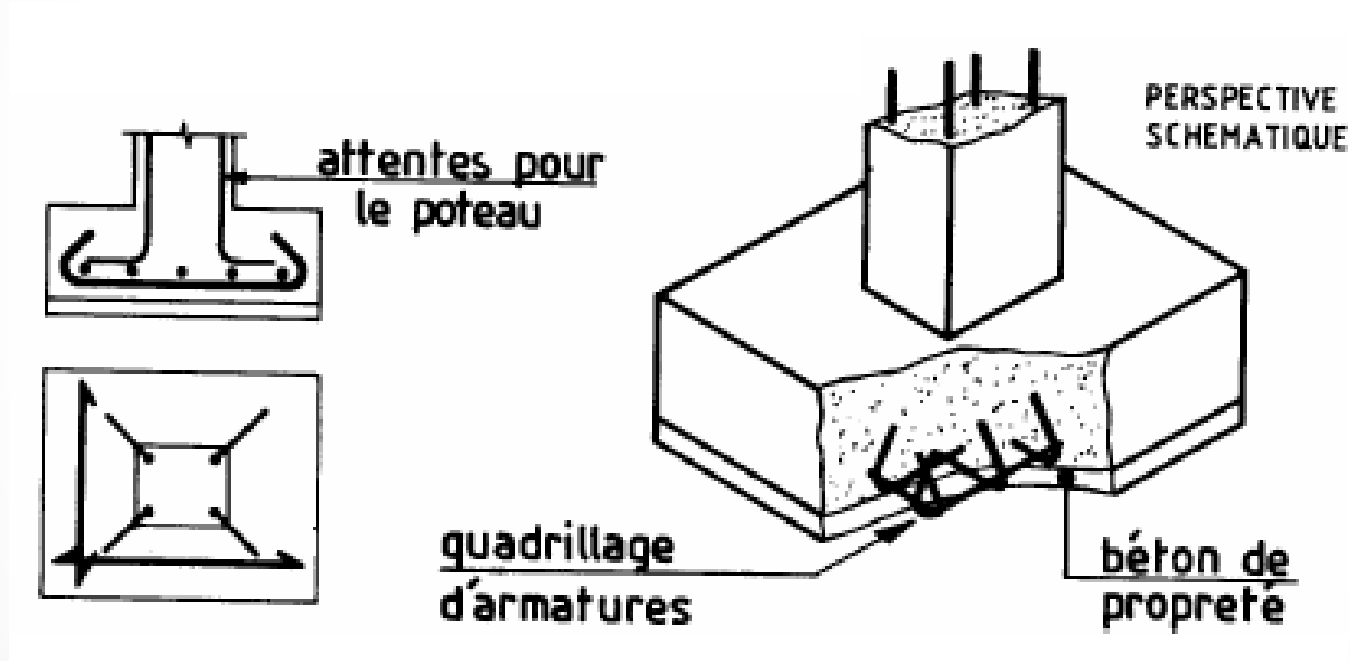
$$B \geq N_{Ed}/q_d$$

$$H = \max [(B - b)/4 + 0,04 \text{ m} ; 0,20 \text{ m} ]$$

## Fondations superficielles

### 5 - 4 Dispositions constructives spécifiques

#### 5 - 4 - 1 Semelle isolée sous poteau



## Fondations superficielles

### 5 - 4 Dispositions constructives spécifiques

#### 5 - 4 - 1 Semelle isolée sous poteau

Après la détermination des sections d'aciers  $A_s$  par les ingénieurs, leurs disposition se fait tels que:

\* Aciers parallèles au plus grand côté A : (situés en dessous)

On choisit une quantité d'aciers telle que

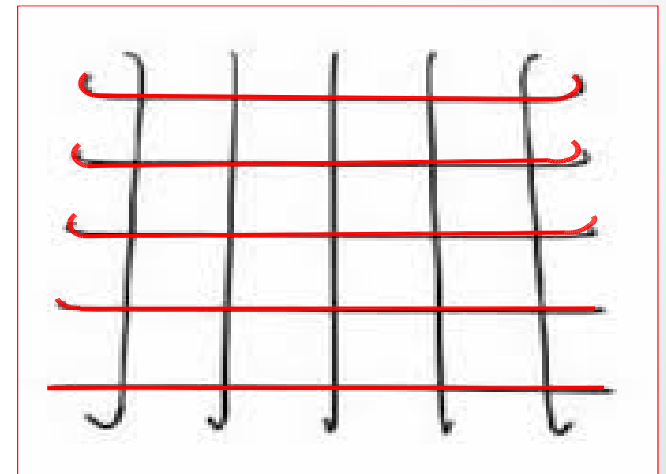
$$A_{s1} > A_{s1 \text{ calculé}}$$

c-à-d le nombre de barre correspondant

$n_1$  avec un diamètre d'une barre  $\phi_1 \geq 8 \text{ mm}$

Tel que:

$$B / 0,3 \leq n_1 \leq B / 0,15 \text{ en prenant } A \text{ en m}$$





## Fondations superficielles

### 5 - 4 Dispositions constructives spécifiques

- **Aciers parallèles au plus petit côté B:** (situés au dessus des aciers du grand côté)

On choisit une quantité d'aciers telle que

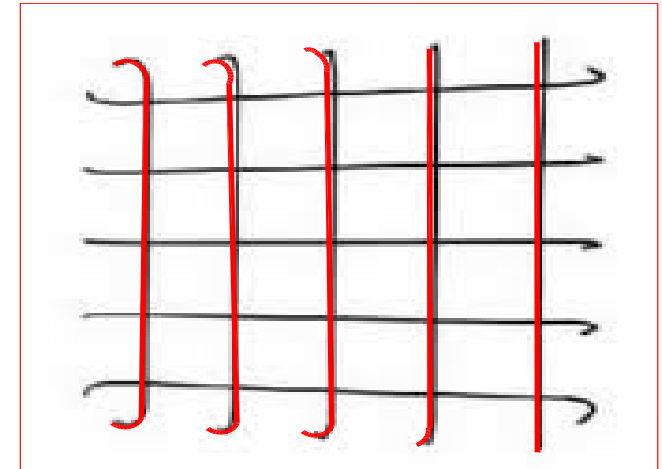
$$A_{s2} > A_{s2 \text{ calculé}}$$

c-à-d le nombre de barre correspondant

$n_2$  avec un diamètre d'une barre  $\phi_1 \geq 8 \text{ mm}$

Tel que:

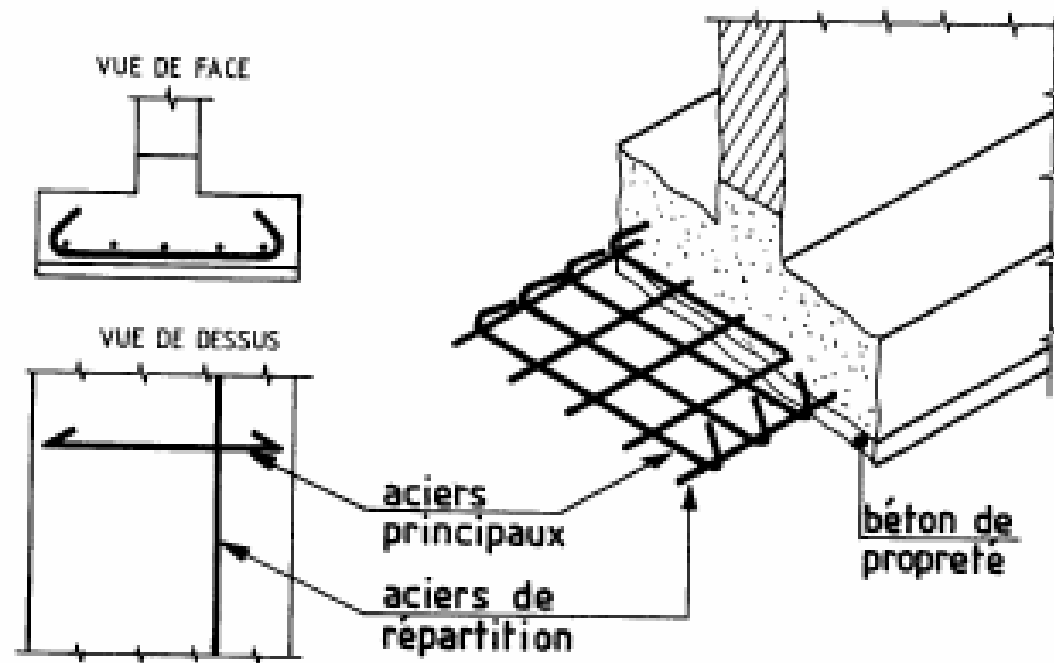
$$A / 0,3 \leq n_2 \leq A / 0,15 \text{ en prenant B en m}$$



**Remarque:** Toutes les barres doivent avoir des crochet à l'extrémité.

## Fondations superficielles

### 5 - 4 - 2 Semelle filante sous mur



## Fondations superficielles

### 5 – 4 – 2 Semelle filante sous mur

Après la détermination des sections d'aciers  $A_s$  par les ingénieurs, leurs disposition se fait tels que:

- **Aciers principaux** : ( nappe inférieur parallèle à B )

L'espacement des aciers est généralement compris entre 15 et 30 cm. Puisque les aciers principaux sont répartis sur 1 m, le nombre de barres de diamètre  $\Phi_L$  sur 1 m doit être compris entre  $1/0,30 = 3,33$  et  $1/0,15 = 6,67$ . Le nombre de barres qui est obligatoirement un entier, est donc compris entre 4 et 6.

- **Aciers de répartition** :

Les aciers de répartition sont parallèles à la longueur du mur et sont placés juste au-dessus des aciers principaux. Les recommandations professionnelles nous donnent

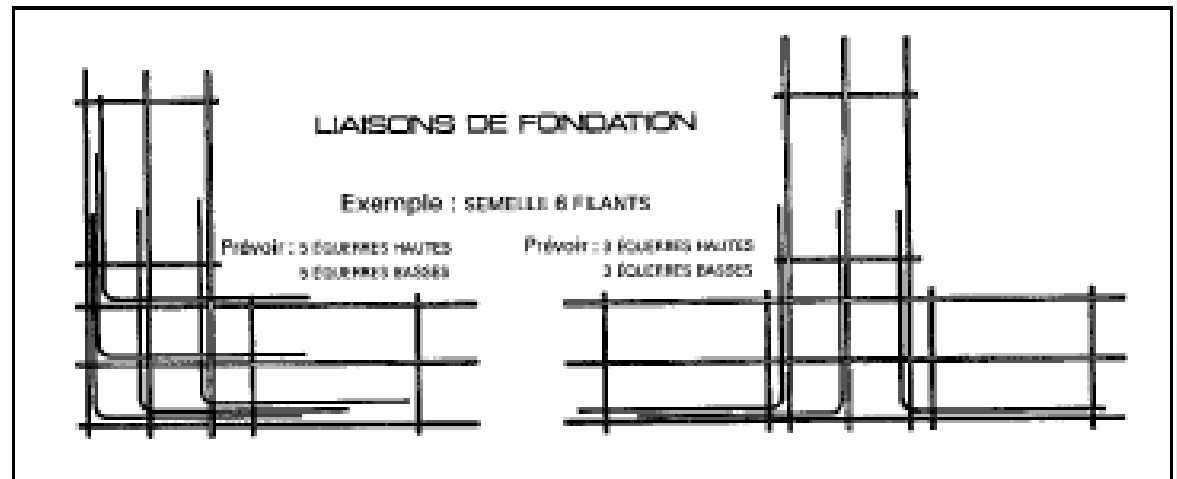
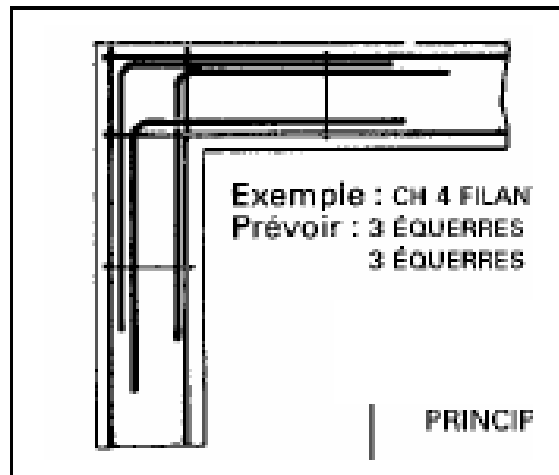
$$A_{rep} \geq 1,5 \text{ cm}^2$$

## Fondations superficielles

### 5 - 4 - 2 Semelle filante sous mur

On choisit dans le tableau des aciers,  $n$  barres de diamètre  $\varphi_R$  de section totale  $\geq 1,5 \text{ cm}^2$ . Pour cela, on calcule la fourchette dans laquelle doit être compris  $n$ , nombre entier de telle sorte que  $B / 0,3 n \leq B / 0,15$  avec  $B$  en m

#### • Remarque :



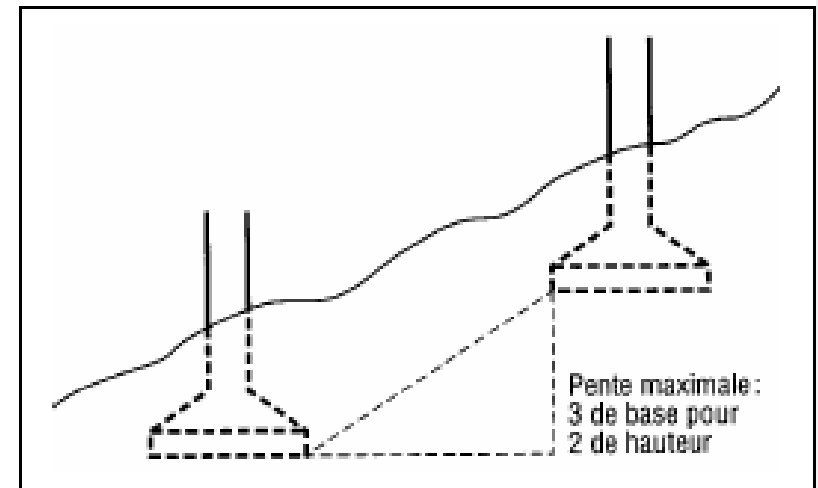
L'intersection de deux semelles filantes doit comporter des équerres de même diamètre que les aciers.

## Fondations superficielles

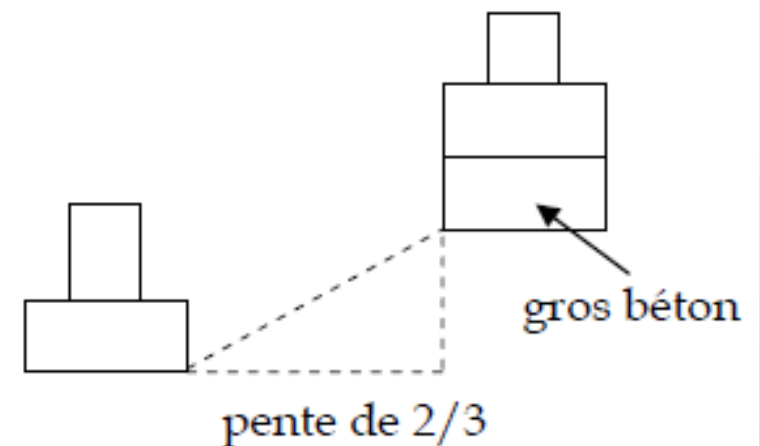
### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 1 Fondations à des niveaux différents

- Si des fondations, semelles isolées ou semelles filantes parallèles, sont à des niveaux différents, les niveaux des fondations successives doivent être tels qu'une pente de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus proches.



- Si ce n'est pas le cas, on place du gros béton sous la semelle la plus haute jusqu'au niveau nécessaire

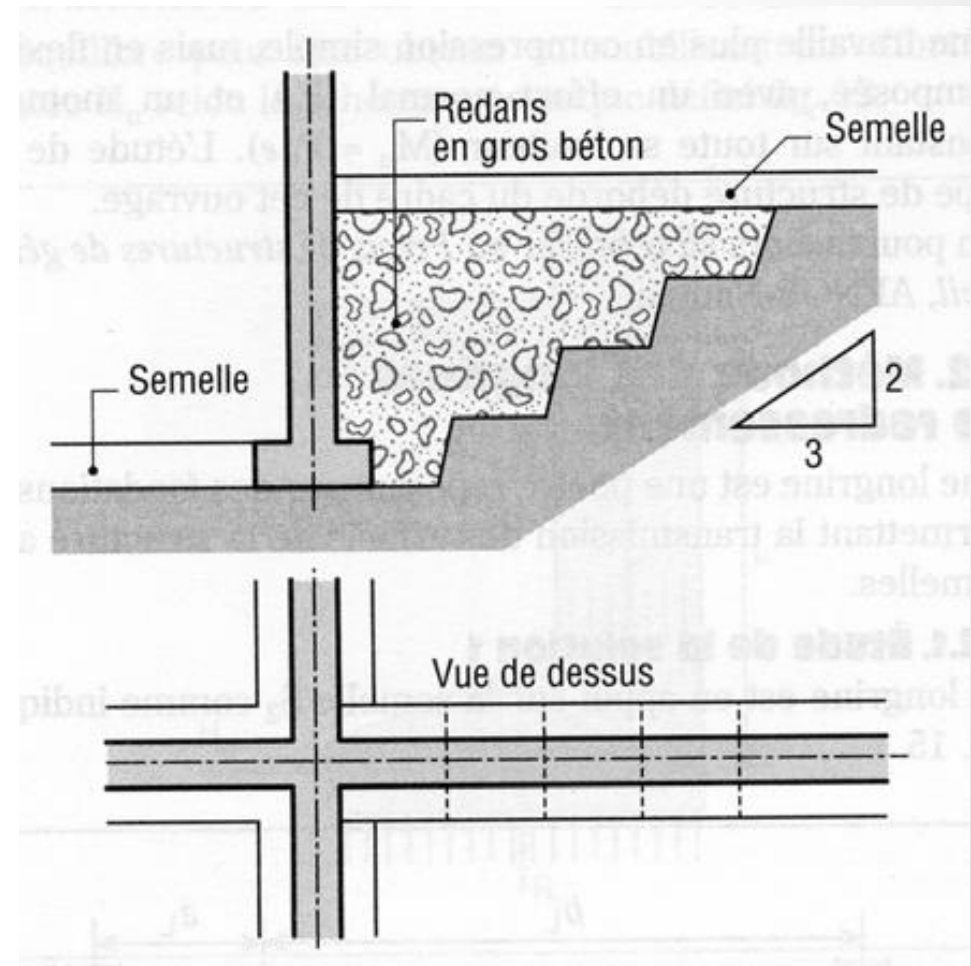


## Fondations superficielles

### 5 - 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 - 5 - 1 Fondations à des niveaux différents

Dans le cas où deux semelles filantes sont perpendiculaires et situées à des profondeurs différentes, on place sous la semelle filante la moins profonde, du gros béton dosé à 250 kg de ciment par  $\text{m}^3$ , de largeur identique à celle de la semelle et de profondeur variant suivant la pente de 2/3. Le béton ne pouvant pas tenir sur une pente aussi importante, des redans (sortes de marches d'escalier) sont effectués.

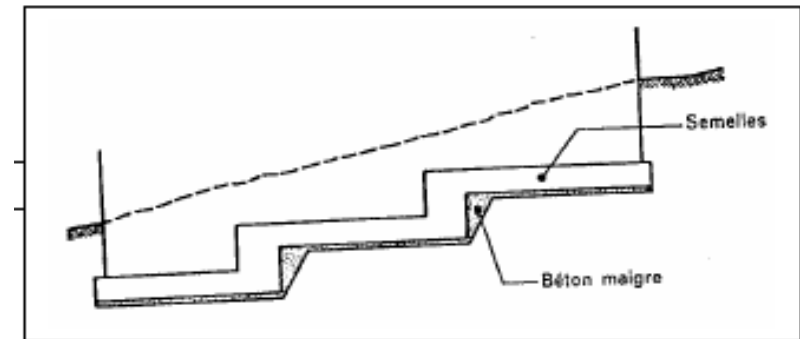


## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 1 Fondations à des niveaux différents

Les semelles doivent toujours être horizontales. Si une semelle se trouve suivant la pente, on peut la réaliser par gradins successifs.

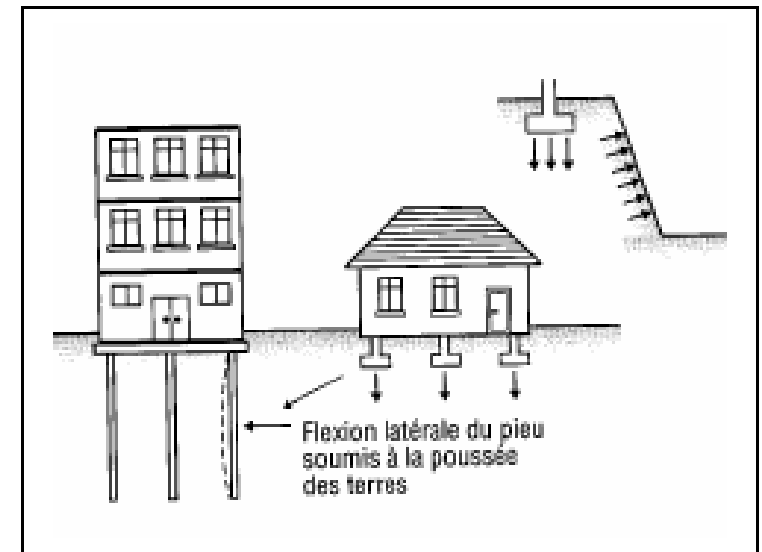


## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 2 Fondations superficielles à proximité d'ouvrages sur pieux ou de fouilles ou talus

Les fondations superficielles ne doivent exercer aucune action dangereuse sur les fondations profondes voisines . Il faut donc vérifier que les efforts supplémentaires apportés par les fondations peuvent être supportés sans dommage.



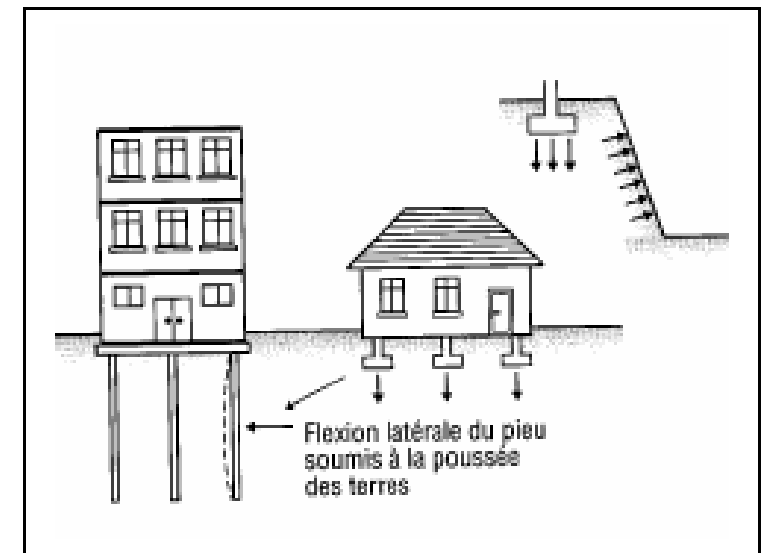


## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 2 Fondations superficielles à proximité d'ouvrages sur pieux ou de fouilles ou talus

Si, dans le voisinage de l'ouvrage, existent des fouilles ou de dépressions plus profondes que le niveau des fondations, il convient de vérifier que les charges et poussées apportées par les fondations peuvent être supportées par leur terrain d'assise aussi bien en phase provisoire qu'en phase définitive

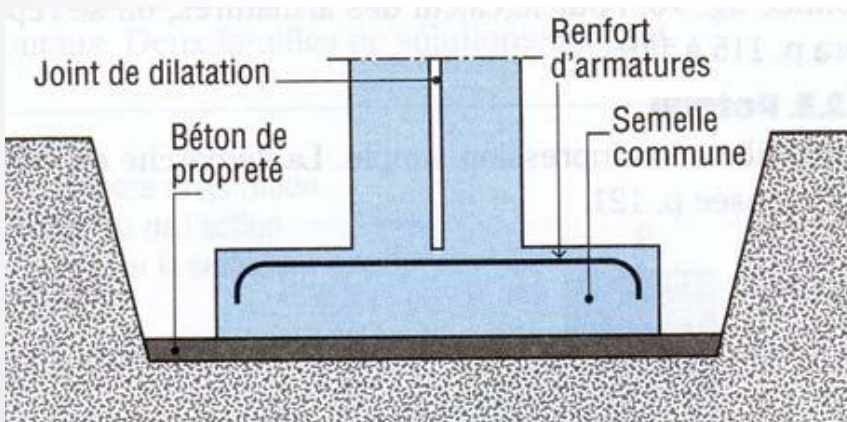
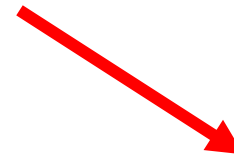
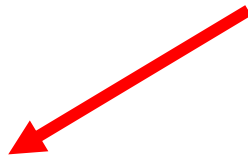


## Fondations superficielles

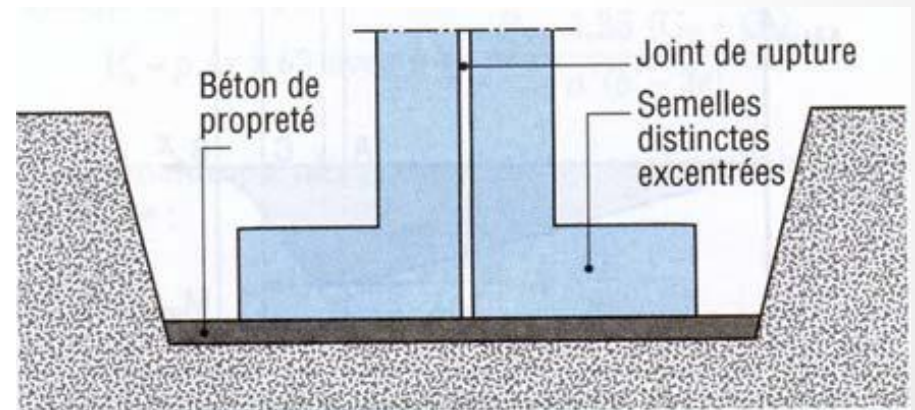
### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 3 Joints

Deux types de joints:



Joint de dilatation



Joint de rupture

## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 3 Joints

##### 1. Joint de dilatation

Ils sont à prévoir pour les bâtiments de grande longueur. Ils servent à éviter les fissures dues aux allongements et raccourcissements dus aux variations de températures ou au retrait du béton. Ils sont placés sur toute la hauteur et toute la largeur du bâtiment.

Le joint de dilatation ne coupe pas la fondation mais seulement les porteurs verticaux qui sont alors fondés sur une même semelle.

## Fondations superficielles

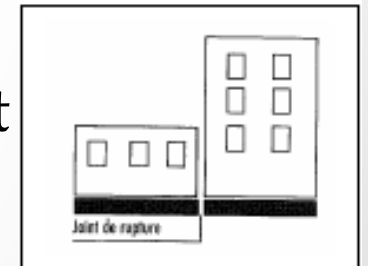
### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 3 Joints

##### 2. Joint de rupture

Un **joint de rupture** doit être prévu entre deux parties mitoyennes d'un ouvrage ou entre deux ouvrages mitoyens quand il existe des risques de tassements différentiels pour des ouvrages de poids différents ou avec sol à changement brusque de compressibilité. .

Un joint de rupture est indispensable entre un bâtiment ancien et un nouveau bâtiment mitoyen même si les charges sont sensiblement identiques, pour éviter les désordres dus au tassement ou à la consolidation du sol sous le bâtiment récent

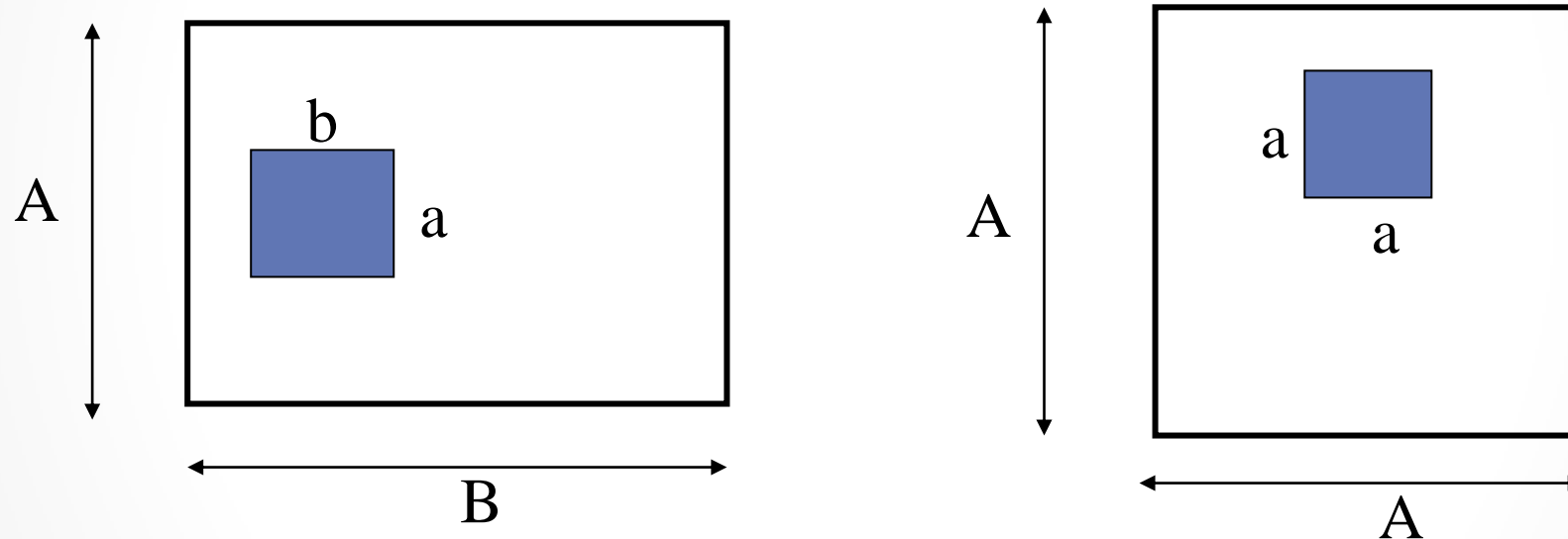


## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 4 Semelles excentrées

##### *1. Définitions*



On place des semelles excentrées sous murs ou sous poteaux lorsque le bâtiment est en limite de propriété ou en rive d'un bâtiment existant (au droit d'un joint de rupture).

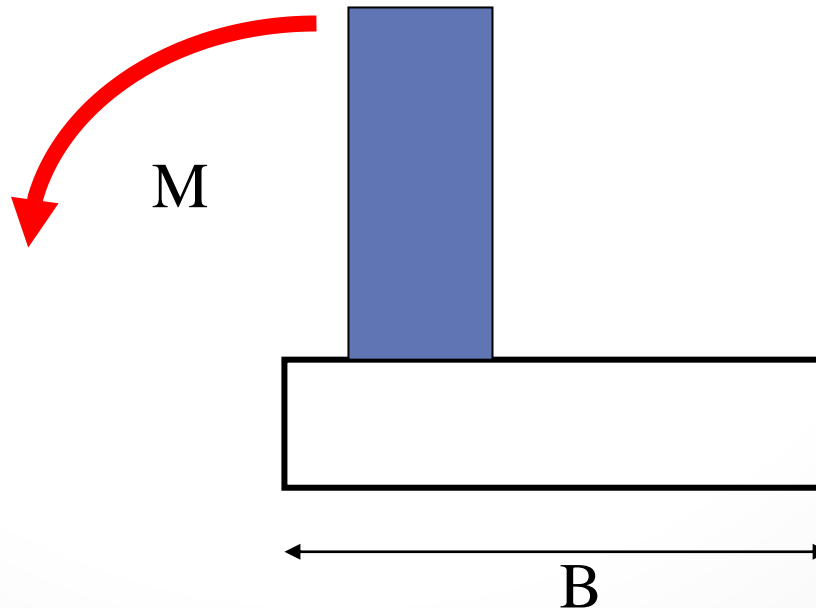
## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 4 Semelles excentrées

##### *2. Problème*

Le décalage entre la charge apportée par le porteur vertical à la fondation et celle appliquée par le sol sur la fondation crée un moment qui a tendance à faire basculer la semelle



## Fondations superficielles

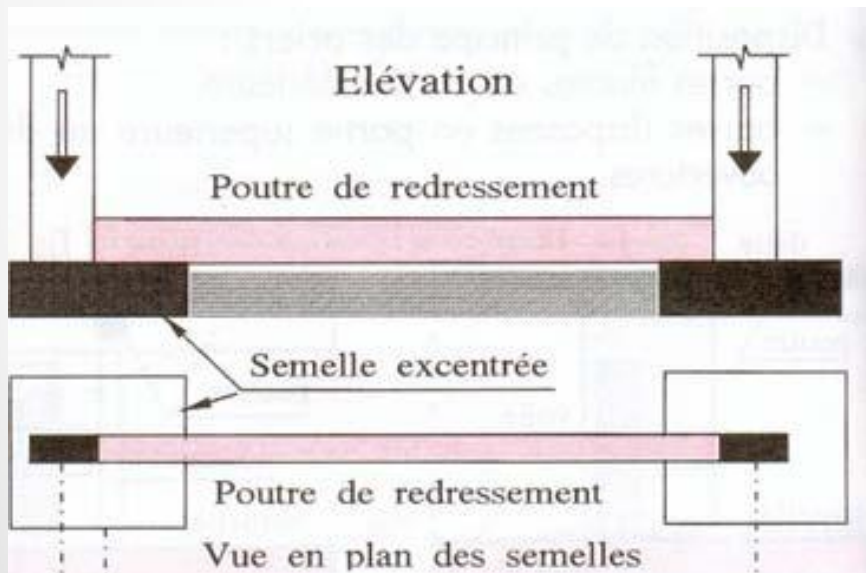
### 5 - 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 - 5 - 4 Semelles excentrées

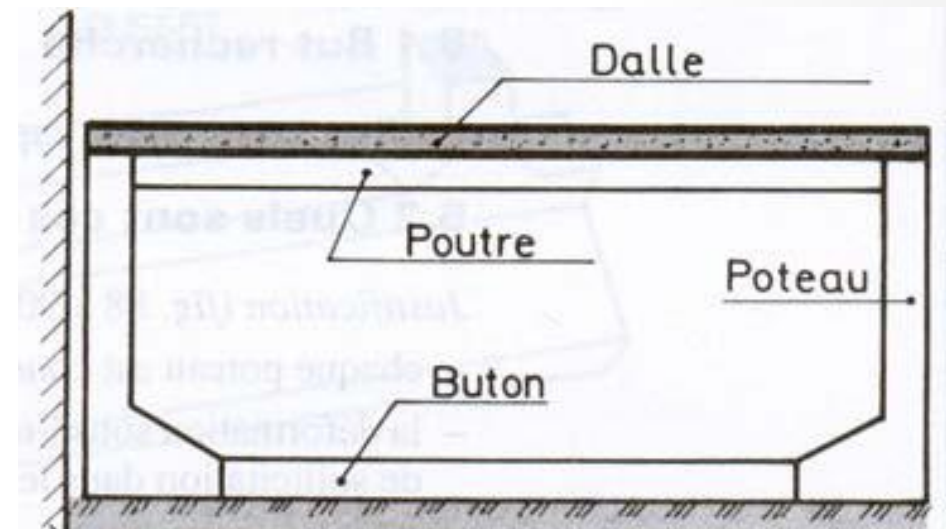
##### 3. Solutions

2 solutions :

Poutre de redressement



Buton





## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 4 Semelles excentrées

##### 4. Remarque

Ainsi, dès qu'une construction se trouve en limite de propriété ou mitoyenne avec une construction existante, il faut penser à excentrer les semelles et à placer des longrines de redressement pour chaque semelle excentrée.



## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 5 Réalisation

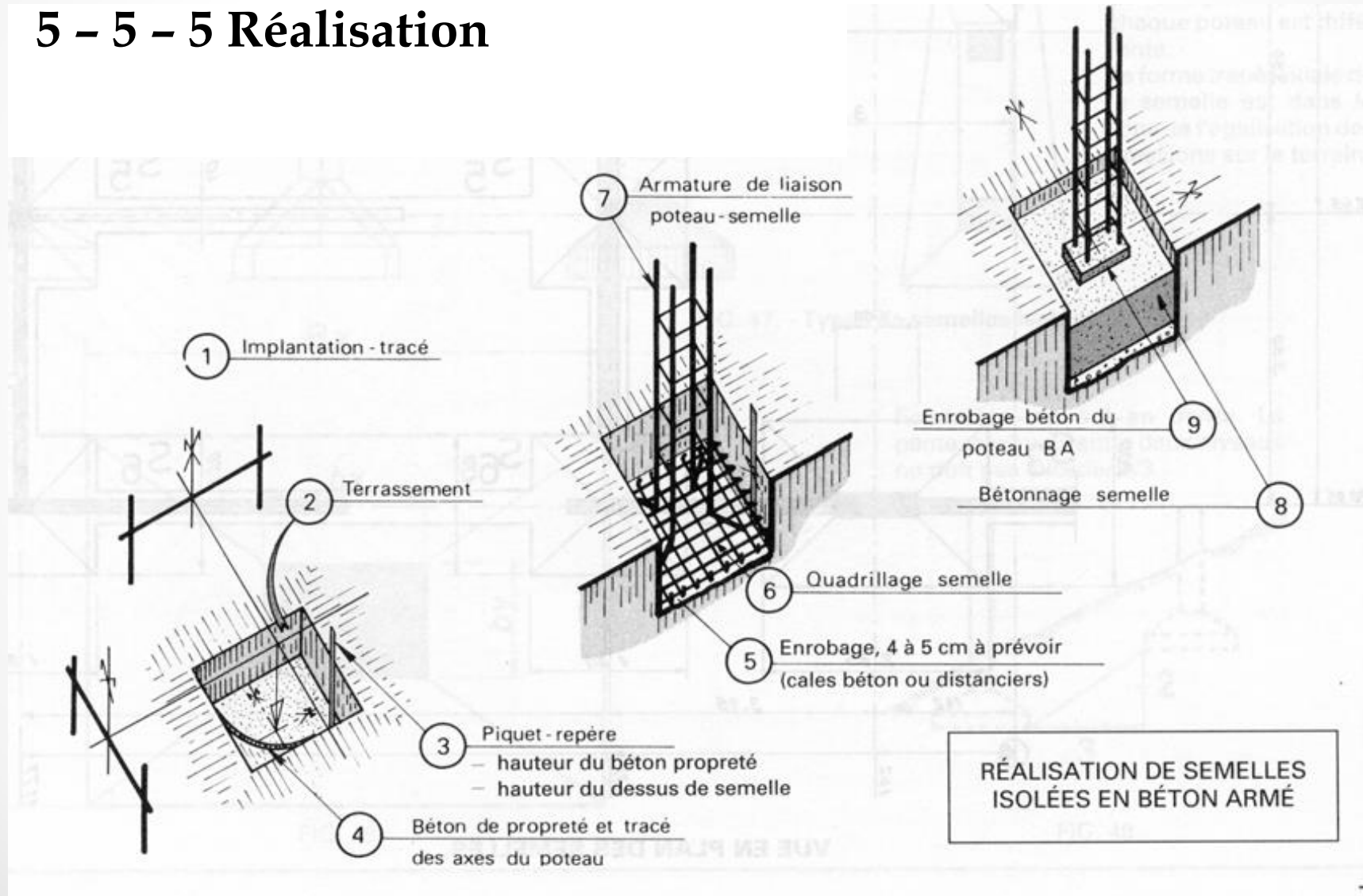
Dans le cas où il n'y a pas de venues d'eau et où la nappe phréatique se trouve en dessous du niveau des fondations

1. Une fois que les terrassements généraux de la maison ont été exécutés, on met en place des chaises pour implanter les fondations

## Fondations superficielles

### 5 - 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 - 5 - 5 Réalisation



## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 5 Réalisation

2. Deux cas alors se présentent :

Si le sol est stable, on coule sans coffrage. On ne terrasse que la partie du sol où il y aura la semelle. Le sol sert de coffrage pour les côtés.

Si le sol a tendance à s'effondrer, il faut un coffrage sur les côtés. Il faut donc terrasser plus que la partie de sol où il y aura la fondation, pour laisser la place au coffrage.

## Fondations superficielles

### 5 – 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 – 5 – 5 Réalisation

3. Deux cas alors se présentent :

De toutes façons, on terrassera un peu plus bas que la cote indiquée sur les plans car on coulera un béton très faiblement dosé en ciment appelé **béton de propreté** qui a pour seule fonction d'éviter au béton de la semelle de se mélanger avec la terre pour ne pas diminuer sa résistance et permettre ainsi.

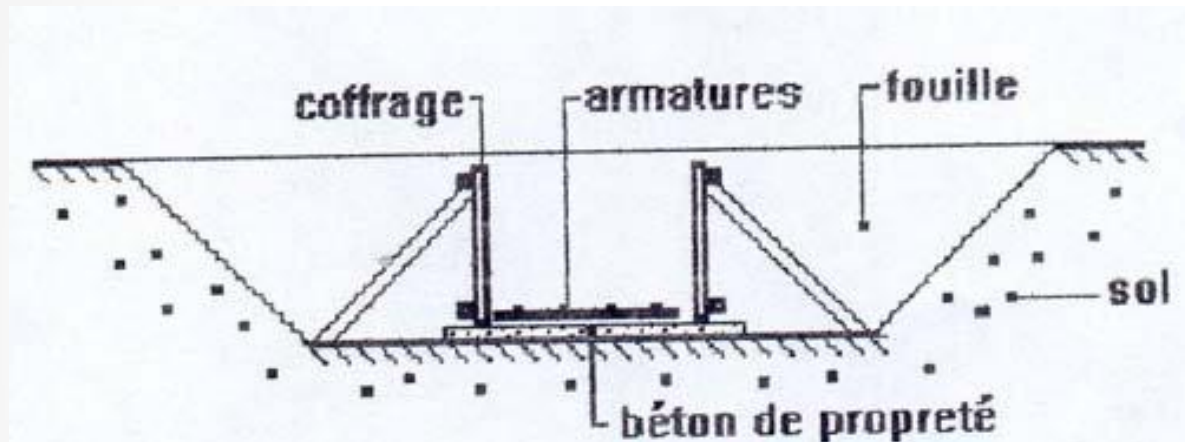
Son épaisseur minimale est de 4 cm.

4. On trace les axes du poteau ou du mur sur le béton de propreté.

## Fondations superficielles

### 5 - 5 Dispositions constructives générales:

#### 5 - 5 - 5 Réalisation



La distance entre le fond de fouille ou le béton de propreté et le nu inférieur des aciers s'appelle l'**enrobage**. Il est de 3 cm s'il y a un béton de propreté et de 6,5 cm s'il n'y en a pas

