

Procédés généraux
des ouvrages géotechniques

CHAPITRE 2

Les fondations superficielles

7. LES FONDATIONS SUPERFICIELLES

7.1 FONDATIONS SUPERFICIELLES PAR RIGOLES

Il s'agit des fondations à faible profondeur (en surface) sans ou avec peu d'armature. Les fouilles sont effectuées en *rigoles*, peu larges et peu profondes $\leq 1,00$ m.

De quoi s'agit-il ?

1 Fondations par rigoles (fig. 1 à 6)

Rôle	Caractéristiques	Avantages et inconvénients	Cas d'emploi
Supporter de faibles charges : des murs continus porteurs ou non	Section rectangulaire Dimensions courantes de 25 cm \times 50 cm hauteur \times largeur à 50 cm \times 100 cm Constitution : - gros béton - béton cyclopéen <i>Remarque :</i> Le béton cyclopéen est constitué par du gros béton + des moellons incorporés dans la masse (fig. 4)	La forme du béton est celle de la rigole : pas de coffrage (fig. 1). Mise en œuvre du béton très facile et rapide : simple remplissage. Quelques zones sont sensibles aux variations de charges : risque de tassement différentiel.	Ouvrage de petite importance : garage, villa, constructions légères avec des moellons noyés dans la masse du béton, la fondation des murs de clôture devient plus économique.

Quelles conditions ?

2 Règles de construction

2.1 La charge agissante (mur + charges) doit être **centrée** sur la largeur de la fondation pour obtenir une **répartition uniforme** sur le sol de fondation (fig. 7).

2.2 La **portance du sol** doit correspondre aux charges à supporter pour permettre l'**équilibre de la construction**.

La largeur l minimale de la fondation correspond à :

$$l \text{ (cm)} = \frac{\text{charge totale par mètre de longueur} \times g}{100 \text{ cm} \times \text{contrainte admissible sur le sol}}$$

g est l'accélération due à la pesanteur.

Exemple : charge totale : 10 000 kg, contrainte admise : 20 N/cm².

La force exercée sur la fondation avec $g = 10$ est $10\,000 \times 10 = 100\,000$ N.

La largeur de la fondation est égale au moins à :

$$l = \frac{100\,000}{100 \times 20} = 50 \text{ cm.}$$

2.3 Le fond de fouille doit être sensiblement horizontal :

- longitudinalement ;
- transversalement ;

sinon, on est conduit à réaliser des gradins (fig. 8 et 9).

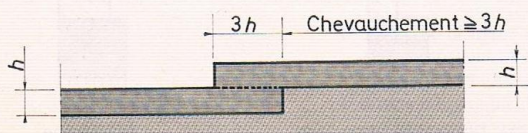


FIG. 8

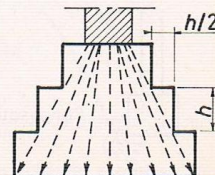


FIG. 9. - **Fondation superficielle en gradin.** Meilleure utilisation des matériaux : moellons et béton.

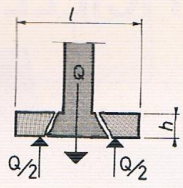


FIG. 10

Sur une longueur l élémentaire, si h est faible, la surface cisailée est plus réduite. Par suite, la contrainte de cisaillement est plus accentuée.

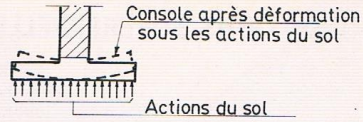


FIG. 11

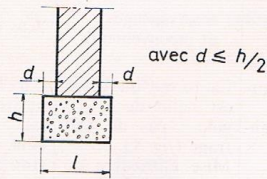


FIG. 12

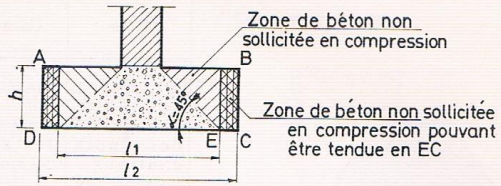


FIG. 13. - Fondation en rigole, de section ABCD. Hypothèse de la transmission des efforts de compression sous un angle de 45°.

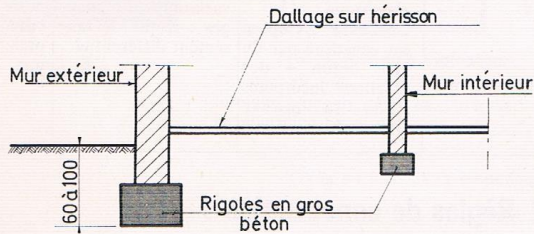


FIG. 14
Protection contre le gel. Profondeur des fouilles : 60 à 100 cm suivant les régions.

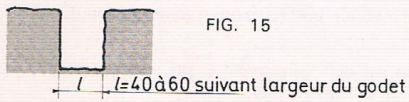


FIG. 15

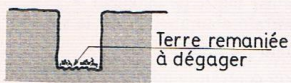


FIG. 16

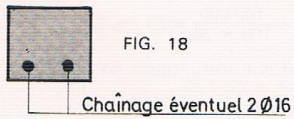
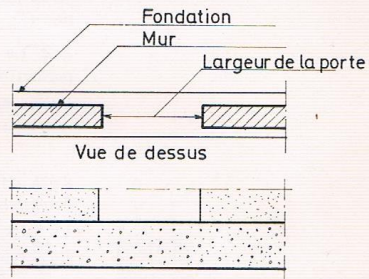


FIG. 18



Coupe longitudinale de la fondation en gros béton.

FIG. 17

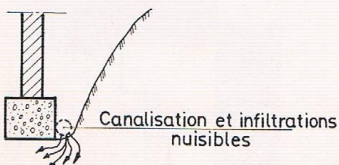


FIG. 19

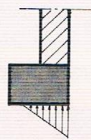


Diagramme triangulaire.

FIG. 20

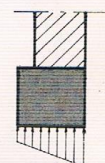


Diagramme trapézoïdal

FIG. 21

Pourquoi
et
comment ?

3 Réalisation

3.1 Les conditions relatives à

- 3.11 - La stabilité
 - Résistance au poinçonnement (fig. 10) ;
 - résistance à la flexion des consoles (fig. 11).

Règle pratique : débord $d \leq h/2$ (fig. 12 et 9)

ainsi le béton travaille en compression plutôt qu'en traction (fig. 13).

- 3.12 - La protection contre le gel (fig. 14).

La protection contre l'humidité (voir fig. 3).

- 3.13 - La réalisation proprement dite :

- le terrassement est effectué à la pelle hydraulique (fig. 15 et 16) ;
- le franchissement des ouvertures (ex. porte de garage) s'effectue en faisant filer la rigole dans la majeure partie des cas (fig. 17) ;
- les compositions des bétons utilisés peuvent être les suivantes :
 - 200 à 250 kg de C.P.J. 45 (ciment à base de laitier),
 - 300 à 500 dm³ de sable de rivière,
 - 700 à 900 dm³ de gravillons de 10 à 25 mm de diamètre ; la pierre cassée de 40 à 63 mm est également utilisée ;
- un chaînage en partie basse est recommandé pour réduire la fissuration (fig. 18).

3.2 Ce qu'il faut éviter

- placer une canalisation au niveau de l'arase inférieure de la fondation : risque de déchaussement (fig. 19) ;
- imposer au terrain des pressions abusives surtout dans le cas des murs bâtis en limite de parcelle (fig. 20 et 21).

3.3 Ce qui est parfois possible

Méthode expéditive dans le cas de rigoles de fondation pour pavillon avec sous-sol (fig. 22).

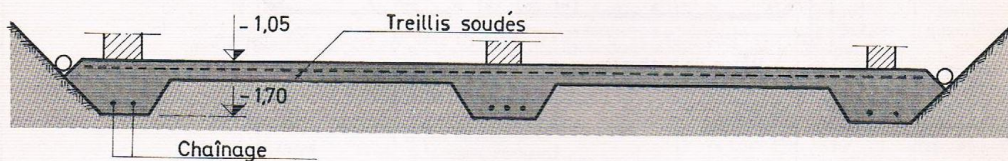


FIG. 22. - EXÉCUTION SIMULTANÉE DES RIGOLES ET DU DALLAGE.

Principe :

- exécution simultanée des rigoles et du dallage.

Méthode :

- exécution du terrassement ;
- mise en place d'une couche de pierres cassées ou de tout-venant 0 à 60 mm, sauf en fond des rigoles ;
- mise en place des canalisations éventuelles ;
- disposition d'un film étanche (polyane) (voir fig. 3) ;
- disposition d'une armature :
 - chaînage pour rigoles,
 - treillis répartiteur entre les rigoles ;
- coulage, vibration, et dressage du béton en une seule fois.

QUESTIONNAIRE :

- 1° Étude de la figure 4 :
 - Les moellons se touchent-ils ? Pourquoi ?
 - Quelles sont les conditions de réalisation des différentes couches ?
- 2° Étude des croquis de la figure 7 :
 - Quelle remarque peut-on faire entre les charges exprimées en tonnes et la largeur de la fondation ?
 - Quelle autre remarque entre la largeur et la hauteur ?
- 3° Quelles solutions préconisez-vous après l'analyse des risques consécutifs à la disposition de la figure 19 ?

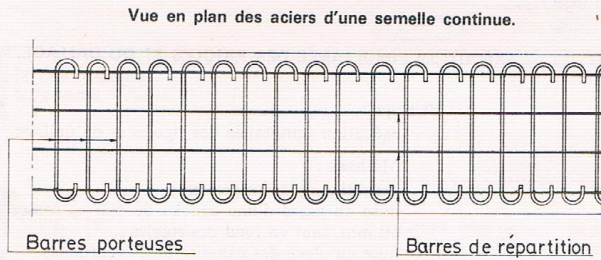
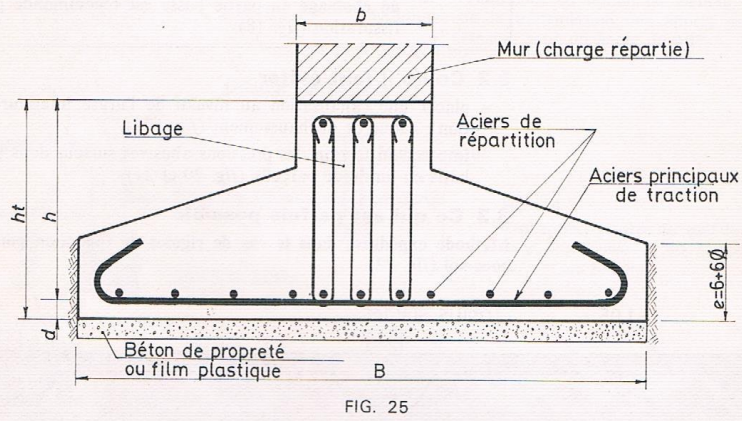
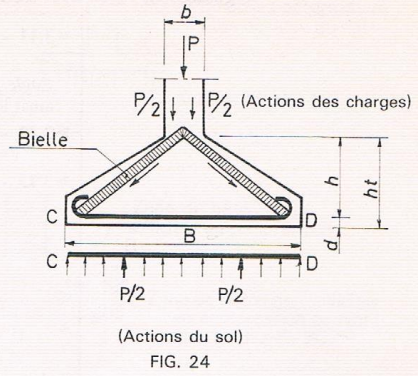
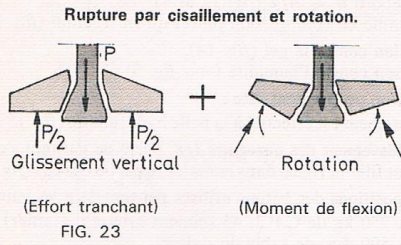
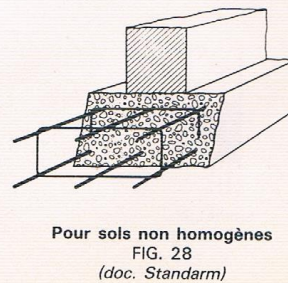
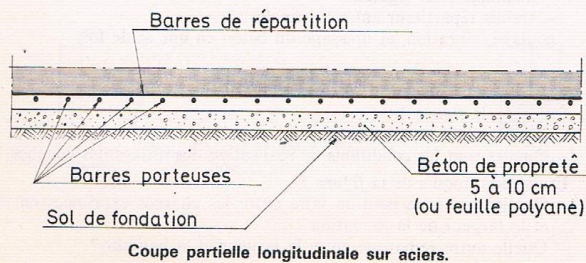
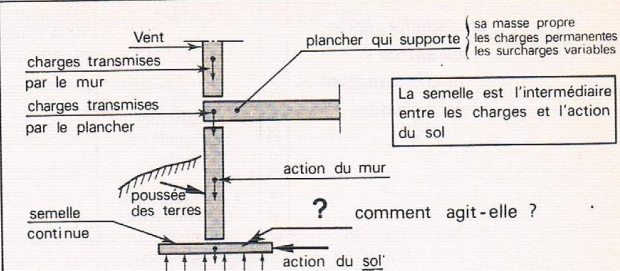


FIG. 26. - Schéma de principe.



7.2. SEMELLES CONTINUES ARMÉES

Questions - Problèmes

<p>De quoi s'agit-il ?</p>	 <p>La semelle est l'intermédiaire entre les charges et l'action du sol</p> <p>? comment agit-elle ?</p>																
<p>Quels éléments entrent en jeu ?</p>	<p>Les charges sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verticales - Horizontales - Obliques 	<p>La semelle pourrait être :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peu large et mince → flexibles - Peu large et épaisse → rigides - Large et mince - Large et épaisse <p>l : largeur de la semelle σ : contrainte exercée sur le sol</p>	<p>Le sol sollicité pour assurer l'équilibre est :</p> <ul style="list-style-type: none"> cohérent (sol rocheux, sol compact) pulvérulent (sables, graviers) <p>diagrammes intermédiaires</p>														
<p>Comment se comportent les semelles sous l'effet des charges ?</p> <p>Pourquoi ?</p> <p>Que doit faire le constructeur ?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hypothèse</th> <th>Constatacion</th> <th>Explication</th> <th>Règle ou principe</th> <th>Solution et schémas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cas de la semelle flexible</td> <td>Semelle non armée, actions du sol uniformes sous l'effet des charges $ht < \frac{B-b}{4} + 5 \text{ cm}$ ht : haut. totale B : largeur de la semelle en bas b : largeur de la semelle en haut Les 5 cm correspondent à la distance du centre de gravité des aciers à la surface inférieure</td> <td>Glissement dans le sens vertical et rotation des consoles (fig. 23) Les 2 sollicitations se produisent simultanément</td> <td>Cisaillement de la section de béton Chaque console est sollicitée par une action du sol égale à P/2 (fig. 24) Les aciers compenseront les défaillances du béton tendu</td> <td>Présence de cadres et étriers pour « coudre » les fissures Pose d'aciers transversaux porteurs dans la zone tendue (fig. 25) Pose d'aciers longitudinaux pour répartir les efforts</td> <td>Aciers porteurs et de répartition formant quadrillage + poutre rigide étroitement associée à la semelle (fig. 26 à 30)</td> </tr> </tbody> </table>						Hypothèse	Constatacion	Explication	Règle ou principe	Solution et schémas	Cas de la semelle flexible	Semelle non armée, actions du sol uniformes sous l'effet des charges $ht < \frac{B-b}{4} + 5 \text{ cm}$ ht : haut. totale B : largeur de la semelle en bas b : largeur de la semelle en haut Les 5 cm correspondent à la distance du centre de gravité des aciers à la surface inférieure	Glissement dans le sens vertical et rotation des consoles (fig. 23) Les 2 sollicitations se produisent simultanément	Cisaillement de la section de béton Chaque console est sollicitée par une action du sol égale à P/2 (fig. 24) Les aciers compenseront les défaillances du béton tendu	Présence de cadres et étriers pour « coudre » les fissures Pose d'aciers transversaux porteurs dans la zone tendue (fig. 25) Pose d'aciers longitudinaux pour répartir les efforts	Aciers porteurs et de répartition formant quadrillage + poutre rigide étroitement associée à la semelle (fig. 26 à 30)
	Hypothèse	Constatacion	Explication	Règle ou principe	Solution et schémas												
Cas de la semelle flexible	Semelle non armée, actions du sol uniformes sous l'effet des charges $ht < \frac{B-b}{4} + 5 \text{ cm}$ ht : haut. totale B : largeur de la semelle en bas b : largeur de la semelle en haut Les 5 cm correspondent à la distance du centre de gravité des aciers à la surface inférieure	Glissement dans le sens vertical et rotation des consoles (fig. 23) Les 2 sollicitations se produisent simultanément	Cisaillement de la section de béton Chaque console est sollicitée par une action du sol égale à P/2 (fig. 24) Les aciers compenseront les défaillances du béton tendu	Présence de cadres et étriers pour « coudre » les fissures Pose d'aciers transversaux porteurs dans la zone tendue (fig. 25) Pose d'aciers longitudinaux pour répartir les efforts	Aciers porteurs et de répartition formant quadrillage + poutre rigide étroitement associée à la semelle (fig. 26 à 30)												

Remarque : on suppose dans le cas des semelles flexibles que la semelle se comporte comme un élément fléchi. En réalité, compte tenu du rapport hauteur-largeur, elle est plutôt sollicitée par des bielles de compression

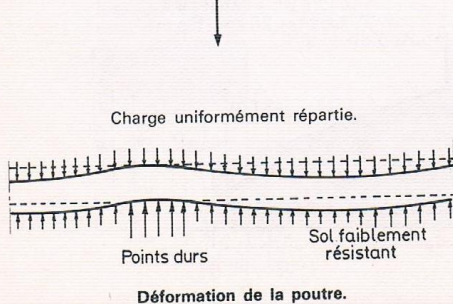


FIG. 29

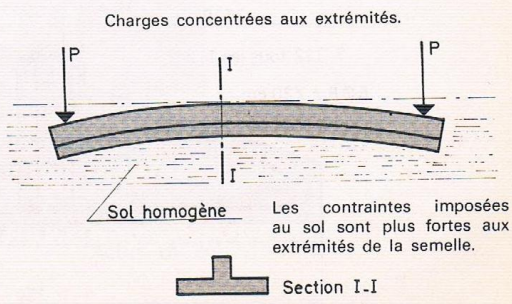


FIG. 30

La semelle rigide :
 - *qu'est-ce ?*
 - *quelle armature lui adjoindre ?*

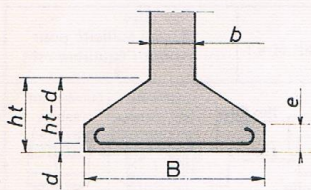


FIG. 31

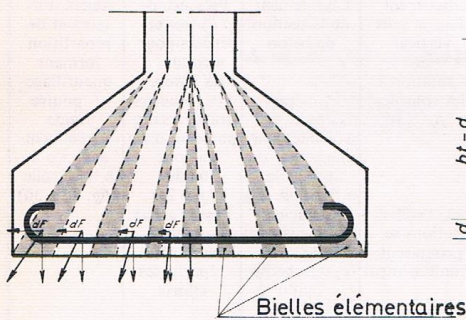


FIG. 33

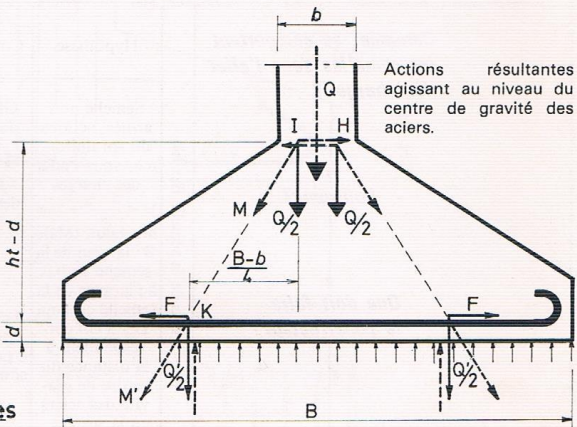
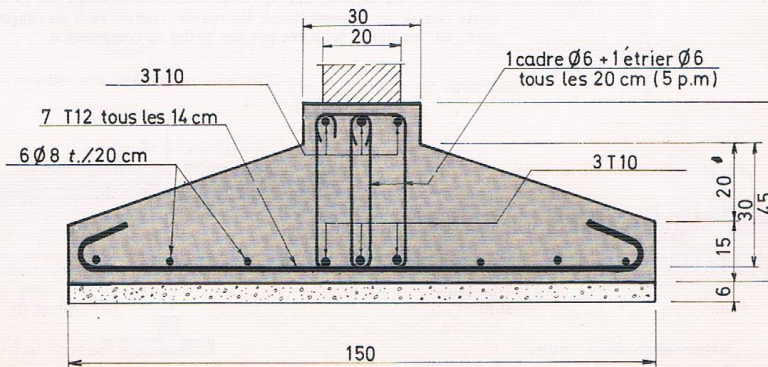


FIG. 32. - Schéma de principe.



Semelle supportant 30 tonnes par ml.

FIG. 34

	Hypothèse	Constatation	Explication	Règle ou principe	Solution et schémas
Cas de la semelle rigide	Id. $ht \geq \frac{B-b}{4} + 5 \text{ cm}$ (voir fig. 25)	Fissuration de la semelle en partie basse	Présence de multiples bielles élémentaires de compression qui agissent et étirent le béton en partie basse. Par analogie avec une charpente, ces bielles constituent une série d'arbalétriers et les aciers fonctionnent à la manière d'un entrain (fig. 24, 32 et 33).	Les efforts de traction sont équilibrés par des aciers avec crochets.	Voir croquis Formule pour calculer l'effort de traction des aciers : $N = \frac{Q}{8} \left(\frac{b-a}{ht-d} \right)$
	Épaisseur l'extrémité du patin $e \geq 6 \phi + 6 \text{ cm}$ 6ϕ : diamètre du mandrin de cintrage 6 cm : enrobage minimal à partir de l'axe des aciers (fig. 25)			La section des aciers de répartition est de l'ordre du 1/3 de celle des aciers porteurs (fig. 34 et voir fig. 29 et 30).	La section d'aciers porteurs est : $A_s = \frac{N}{\sigma_s}$ Avec $\sigma_s = \frac{f_c}{\gamma_s}$ Voir thème n° 5

Nota : N est l'effort total de traction des aciers p.m.
 Q est égal à la somme des actions permanentes et variables.
 σ_s est la contrainte de calcul des aciers utilisés.

APPLICATIONS OU ÉTUDE DE CAS :

1° Quels sont les travaux à réaliser pour établir des semelles de fondations ?

Construire le graphe des opérations simultanées ou non (fig. 35).

Réponse :

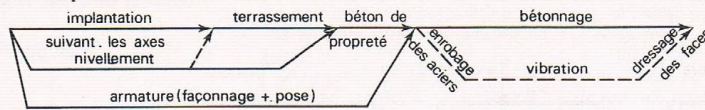


FIG. 35

2° Dans le cas fréquent de semelle rigide, l'effort maximal d'adhérence du béton sur l'acier est-il situé au milieu de la longueur ou à l'extrémité des barres transversales ?

Réponse :

Plus la bielle de béton est inclinée, plus l'effort d'adhérence sera grand ; il s'ensuit que l'effort d'adhérence est maximal à l'extrémité des barres. C'est pourquoi les crochets d'extrémité sont recommandés (voir fig. 33).

3° Quelle est la largeur b de semelle à choisir pour supporter 30 000 daN/ml, sachant que la contrainte admise σ sur le sol est de 2 daN/cm² ?

Réponse :

On a :

$$\sigma = \frac{F}{L \times b} \quad \text{d'où : } b = \frac{F}{L \times \sigma}$$

b en cm, $L = 100$ cm, $\sigma = 2$ daN/cm², $F = 30\,000$ daN ;

$$b = \frac{F}{L \times \sigma} = \frac{30\,000}{100 \times 2} = 150 \text{ cm.}$$

4° La largeur en tête de semelle est de 30 cm, quelle sera la hauteur totale de la semelle ?

Réponse : $h_t = \frac{B - b}{4} + 5$ cm avec $\begin{matrix} B = 150 \text{ cm} \\ b = 30 \text{ cm} \end{matrix}$

on a : $\frac{150 - 30}{4} + 5 = 35$ cm

5° Si une grande baie est située dans le mur qui repose sur la semelle :

- dessiner l'allure des déformations de la semelle ;
- dessiner les zones tendues et comprimées ;
- montrer la disposition des aciers.

Réponse : voir les figures 36 à 38.

