

Procédés généraux
des ouvrages géotechniques

CHAPITRE 1

LES FONDATIONS

6. FONDATIONS

NOTIONS DE BASE

Une construction doit être en position d'équilibre par rapport au sol.

Les actions qui s'exercent sur la construction sont :

- les forces dues à sa masse : force d'attraction de la terre (poids) ;
- les forces dues au vent, à la neige, à la chaleur solaire ;
- des forces de contact du sol sur la partie de la maçonnerie qui porte le nom de fondation.

Cet ensemble de forces doit à tout instant être en équilibre.

Quel est le rôle de la fondation ?

→ La fondation transmet au sol les effets :

- des charges permanentes (voir figure 1) ;
- des charges d'exploitation ;
- des actions climatiques.

Elle reçoit les actions ascendantes du sol. Toutes ces actions constituent un système de forces en équilibre (principe de l'égalité des actions réciproques).

Que veut-on ?

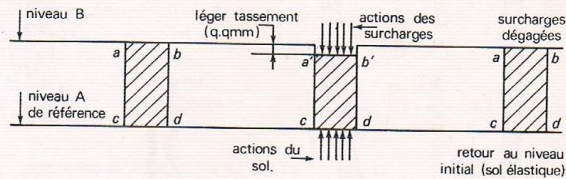
La stabilité de l'ensemble du bâtiment est le problème n° 1

1 Problèmes posés au constructeur

Quels sont les risques ?

1.1. La déformation du sol porteur peut s'effectuer par

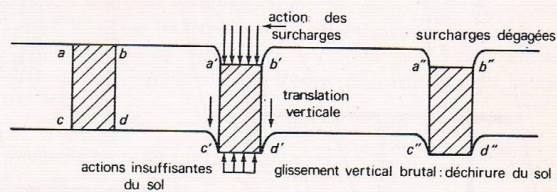
1.1.1 - Tassement élastique :



1.1.2 - Tassement permanent :

- le **squelette** (particules de terre seules, l'eau et l'air étant partiellement chassés) s'affaisse de façon définitive ;
- les **désordres graves** sont alors à craindre : dislocation, fissuration, rupture des éléments de construction surtout si l'affaissement est inégal.

1.1.3 - Poinçonnement ou rupture localisée :



Quelle règle adopter en pratique

→ Les contraintes admises ne doivent pas dépasser le quart de la contrainte de poinçonnement.

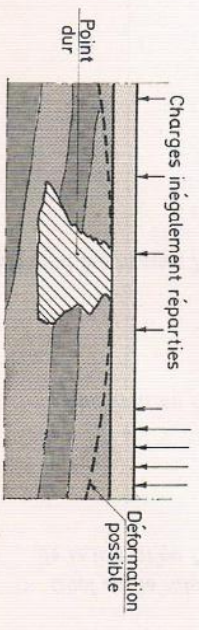
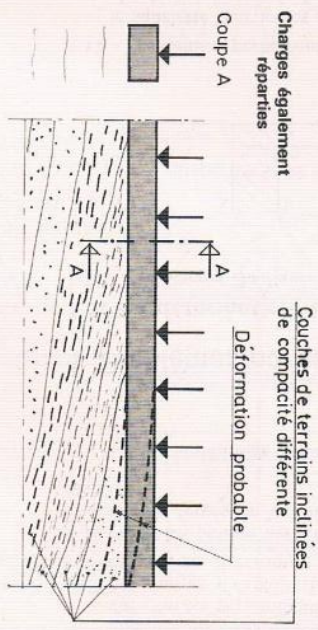
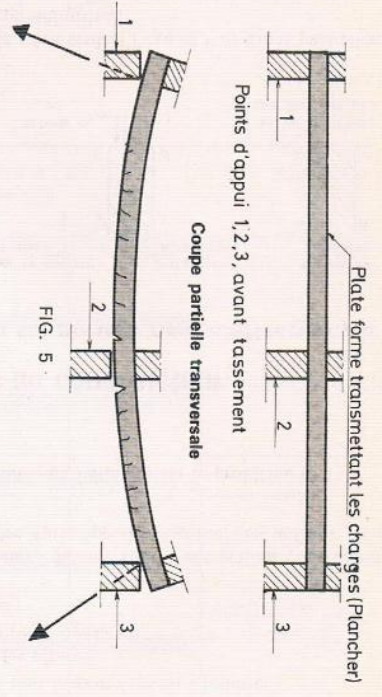
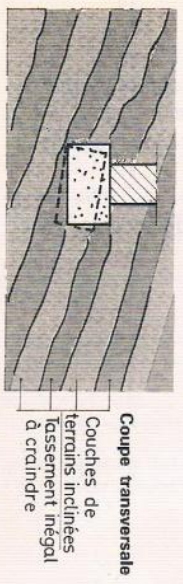
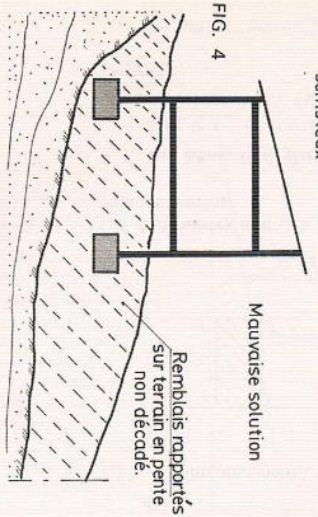
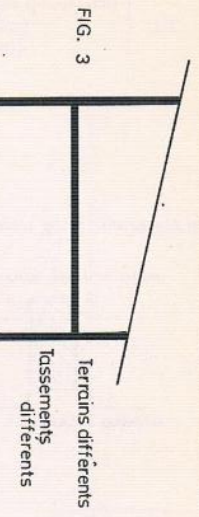
Quelles actions et quels facteurs entrent en jeu ?

1.2 La stabilité du complexe situé

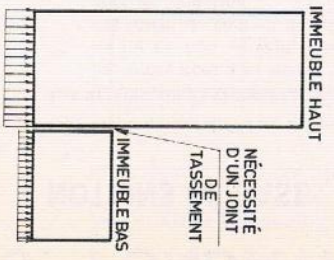
- dans le sol (infrastructure)
- au-dessus du sol (superstructure)

Dépend :

- des actions mécaniques
 - horizontales (vent)
 - verticales (charges)
 - obliques (poussées des terres)
 } (fig. 1)
- des sollicitations qui s'ensuivent
 - moments de flexion
 - moments de torsion
 } (fig. 2)

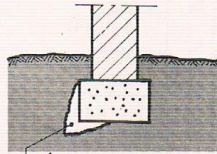


En cas de tassement de l'appui 2, les appuis 1 et 3 subissent des réactions complémentaires et des désordres importants peuvent se produire sur plusieurs niveaux.



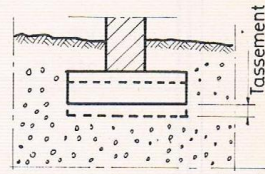
Charges différentes et actions du sol différentes
FIG. 7

- de la nature du sol de résistance variable d'un point à un autre et de ses caractéristiques physiques
 - capillarité
 - perméabilité
 - cohésion
 (fig. 3 à 6)
- du type de construction
 - bâtiment long et bas
 - bâtiment haut (tour)
 (fig. 7)
- de l'environnement : constructions voisines dont le tassement s'est déjà produit ;
- des poussées hydrostatiques : problème des sous-pressions d'eau ;
- des effets consécutifs à la dilatation, au gel, à la poussée des terres, aux vibrations.



Dechaussement produit par circulation d'eau souterraine

FIG. 10



Tassement du squelette dans le cas d'un sol gorgé d'eau puis asséché.

FIG. 11

Quel type de fondation choisir ?

1.3 Le choix s'effectue souvent à partir de deux critères principaux :

- assurer la **sécurité** des habitants et la **stabilité** de l'immeuble.
- adopter une **solution économique**.

Parmi les techniques qui s'offrent au constructeur en matière de fondation et étudiées par la suite, on a :

- les **semelles de fondation**
 - continues sous un mur
 - continue sous des poteaux
 - isolées
 - excentrées
 - les **radiers** : simples ou généraux
 - les **puits**
 - les **pieux**
 - les **parois moulées, les cuvelages** etc.
- } fondations dites **superficielles** (à la surface du sol)
 } fondations **semi-profondes**
 } fondations **profondes**
 } fondations **spéciales**

A partir de quoi ?

Quelle pression peut supporter le sol ?

1.4 Les taux usuels indicatifs estimés pour les pressions des fondations superficielles sont de l'ordre de :

- 0,2 à 2 bars pour les argiles * ;
- 0,5 à 2,5 bars pour les terrains non cohérents à compacité moyenne * ;
- 2,5 à 5 bars pour les terrains non cohérents à bonne compacité ;
- 5 à 30 bars pour les roches saines, non désagrégées, non fissurées.

Les essais de sols fournissent dans chaque cas particulier des indications plus précises.

* le **bar** est l'unité qui correspond à 1 daN/cm² (voir page 7)

* la **compacité** est définie par le rapport $\frac{\text{volume de tous les grains}}{\text{volume total (grains + vides)}}$ toujours inférieur à l'unité.

Comment sont prises en compte les charges et les surcharges ?

2 Charges et surcharges transmises au sol

2.1 On distingue :

2.11 - Les **charges permanentes** : poids des toitures, planchers, murs, etc., prises en compte intégralement.

2.12 - Les **surcharges d'exploitation** (symbole S) :

- **statiques** : meubles, matériel, dépôts ;
- **dynamiques** : machines, personnes ;
- **climatiques** : neige, vent, dilatations.

Comme il est rare que toutes les surcharges agissent simultanément, on applique, pour leur détermination, la loi de dégression. Cette loi consiste à réduire les surcharges identiques ou non à chaque étage, de 10 % par étage jusqu'à 0,50 S sauf pour le dernier et avant-dernier niveau.

S ₀	— (0)	S ₀
S ₁	— (1)	S ₀ + S ₁
S ₂	— (2)	S ₀ + 0,95 (S ₁ + S ₂)
S ₃	— (3)	S ₀ + 0,90 (S ₁ + S ₂ + S ₃)
S ₄	— (4)	S ₀ + 0,85 (S ₁ + S ₂ + S ₃ + S ₄)
S ₅	— (5)	S ₀ + 0,80 (S ₁ + S ₂ + S ₃ + S ₄ + S ₅)
S ₆	— (6)
S ₇	— (7)	
S ₈	— (8)	étage n : S ₀ + $\left(\frac{3+n}{2n}\right) (S_1 + S_2 \dots S_n)$
S ₉	— (9)	
S ₁₀	—	

TABLEAU DE DÉGRESSION DES SURCHARGES

2.2 Principes de calcul des charges et surcharges

- le choix d'un tronçon de mur de 1 m de long sollicité à la fois par les charges et surcharges les plus défavorables est retenu pour l'estimation ;
- les surcharges d'exploitation sont affectées du coefficient 1,20 ;
- le vide des ouvertures est négligé s'il ne dépasse pas 25 % de la surface du mur de refend ou de façade.

QUE RETENIR ?

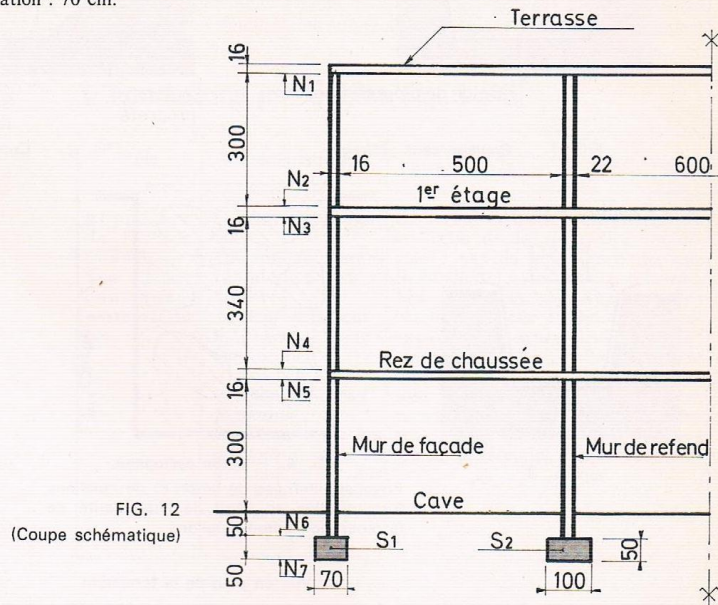
- 1° Quel est le problème essentiel posé au constructeur lorsqu'il édifie un bâtiment ?
- 2° Quels sont les risques possibles consécutifs à la mise en charge du terrain porteur ?
- 3° Quelles différences établir entre :
 - tassement élastique,
 - tassement permanent, } traduisez ces différences par des schémas de principe
 - poinçonnement ?
- 4° En observant la figure n° 1, quelles sont les actions subies par le bâtiment et transmises à la fondation ?
- 5° Pour une argile compacte, quelle serait la résistance admise à défaut d'étude de sol ?
- 6° Quelles seraient les conséquences pour la stabilité du bâtiment si un point dur existait au milieu de la longueur d'une fondation non armée chargée plus intensément à ses extrémités ?
 - Établir le schéma de construction.
 - Tracer les déformations possibles.
 - Dédire les conséquences.

7° Exemple de calcul des pressions sur un terrain

7.1 Données (voir fig. 12).

- Pavillon sur cave avec un rez-de-chaussée et un étage.
- Couverture : terrasse non accessible.
- Caractéristiques :
 - murs :
 - épaisseur du mur de façade : 16 cm,
 - masse correspondante : 320 kg/m²,
 - épaisseur du mur de refend : 22 cm,
 - masse correspondante : 440 kg/m²,

- terrasse : charge + surcharges $\times 1,20 = 500 \text{ kg/m}^2$;
- plancher haut de la cave : 700 kg/m^2 (charges + surcharges $\times 1,20$) ;
- plancher haut du rez-de-chaussée : 600 kg/m^2 (charges + surcharges $\times 1,20$) ;
- semelles S_1 : 800 kg/ml (mètre linéaire) ;
- semelles S_2 : $1\,200 \text{ kg/ml}$;
- largeur de la fondation : 70 cm .



7.2 Tableau de calcul

Descente de charge du mur de façade ($l = 1 \text{ m}$).

Niveau	Éléments : calcul des masses en kg	Masse cumulée
N_1	Terrasse : $(2,50 + 0,16) 1,00 \times 500$	1 330
N_2	Venant de N_1 1 330 Mur de façade de l'étage : $3,00 \times 1,00 \times 320 = 960 =$	2 290
N_3	Venant de N_2 2 290 Plancher haut du rez-de-chaussée : $2,66 \times 1,00 \times 600 = 1\,596 =$	3 886
N_4	Venant de N_3 3 886 Mur de façade du rez-de-chaussée : $3,40 \times 1,00 \times 320 = 1\,088 =$	4 974
N_5	Venant de N_4 4 974 Plancher haut de la cave : $2,66 \times 1,00 \times 700 = 1\,862 =$	6.836
N_6	Venant de N_5 6 836 Mur de façade de la cave : $3,50 \times 1,00 \times 320 = 1\,120 =$	7 956
N_7	Venant de N_6 7 956 Semelle S_1 800 =	8 756

Avec $\gamma = 10$ (γ étant l'accélération due à la pesanteur) :

- la force exercée sur un mètre de longueur de fondation est de $8\,756 \text{ daN}$;
- la pression p exercée sera le quotient de la force par la surface portante soit :

$$p = \frac{8\,756}{70 \times 100} \approx 1,25 \text{ daN/cm}^2 \text{ ou } 0,125 \text{ MPa}$$

La descente de charges pour le mur de refend serait conduite identiquement.

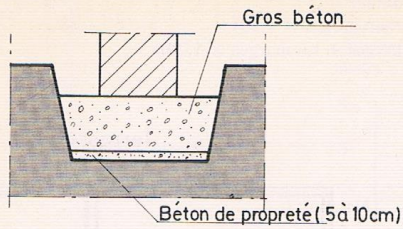


FIG. 1. - Coulage sans coffrage.

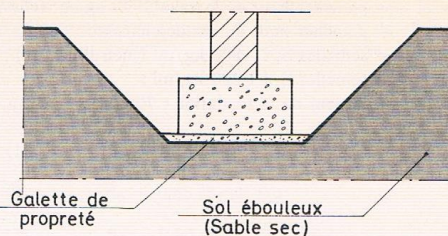


FIG. 2. - Coulage avec coffrage.

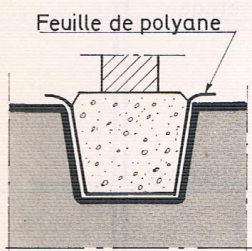


FIG. 3

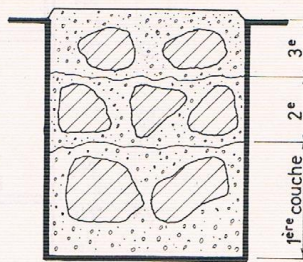


FIG. 4. - Béton cyclopéen.

Couches alternées de béton et de moellons formant bloc en dépit de l'irrégularité de la répartition béton-moellons.

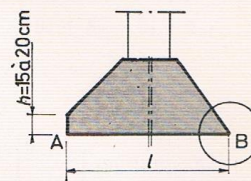


FIG. 5

Cas d'un empattement important et suppressions des gradins. En B, la rigole en gros béton est fragile. Il faut procéder comme en A.

Vue en plan de la fondation.

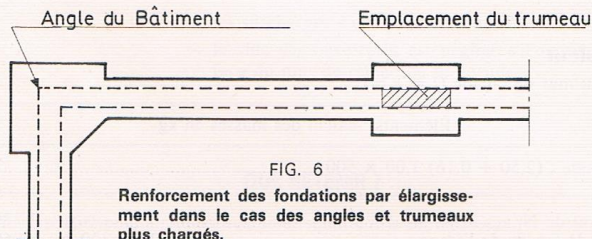
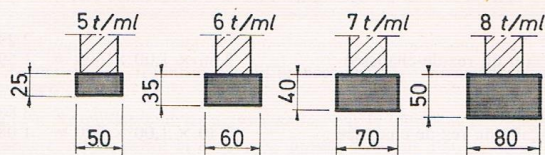


FIG. 6

Renforcement des fondations par élargissement dans le cas des angles et trumeaux plus chargés.



Contraintes sur le sol : voisines de 1 daN/cm².

FIG. 7. - Solutions possibles.

Armatures standard pour fondations superficielles

S	L	(1)		(2)	
		Ø	3 Ø 8	Ø	4 Ø 8
	35	Ø 6	3 Ø 8	Ø 7	4 Ø 8
	45	Ø 7	4 Ø 8	Ø 8	4 Ø 8
	55	Ø 8	4 Ø 8	Ø 10	4 Ø 8
	65	Ø 10	4 Ø 8		
SEMELLE					
S ^P	L	(1)		(2)	
		Ø	3 Ø 8	Ø	4 Ø 8
	35	Ø 6	3 Ø 8	Ø 7	4 Ø 8
	45	Ø 7	4 Ø 8	Ø 8	4 Ø 8
	55	Ø 8	4 Ø 8	Ø 10	4 Ø 8
	65	Ø 10	4 Ø 8		
SEMELLE PLATE					

Ces armatures, longueur 6 mètres, sont livrées par paquets sur chantier (doc. Standarm)