

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

PATHOLOGIE DES CONSTRUCTIONS

GCL 566

Responsable: Dr. GHOMARI Fouad

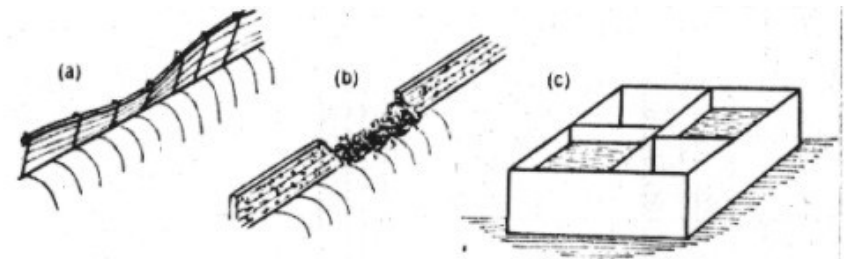
Chap. 4. PATHOLOGIE DES FONDATIONS SUPERFICIELLES.

4.1. Rappels.

La fondation d'un ouvrage constitue l'interface entre un sol aux réactions incertaines et un ensemble complexe d'éléments plus ou moins fragiles. Elle doit se définir en fonction de l'un et de l'autre et les facteurs déterminants sont nombreux.

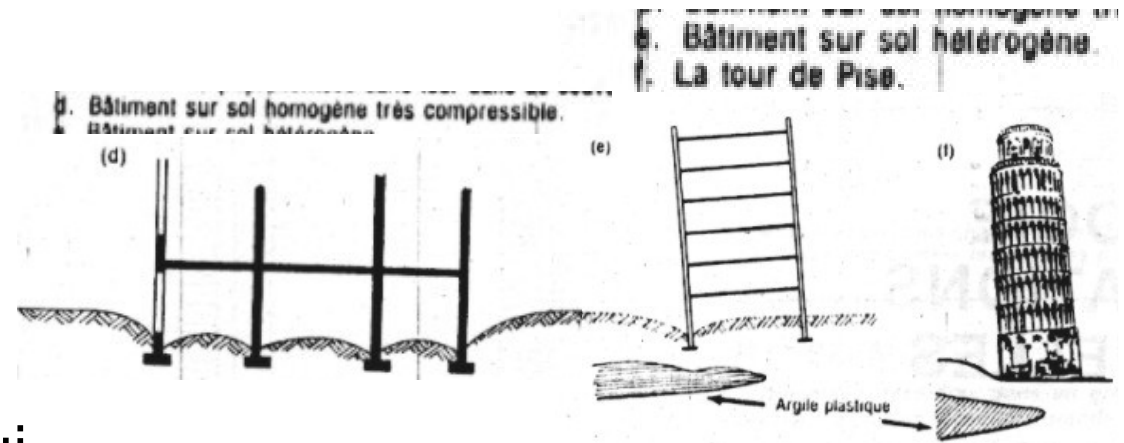
Le comportement du sol dépend à la fois de sa nature et de son état de compacité. Il se traduira suivant les cas par des tassements faibles ou importants, égaux ou inégaux qui seront plus ou moins acceptés par l'ouvrage.

Ce dernier les supportera s'il est souple (fig. 1 a), il souffrira s'il est raide et fragile (fig. 1 b), il les uniformisera s'il est à la fois raide et résistant (fig. 1 c).



- a. Mur de clôture en plaques de béton préfabriquées.
- b. Mur de clôture en maçonnerie.
- c. Cuves à vin (représentées sans leur dalle de couverture).

Mais un tassement excessif (fig. 1 d) ou inégal (fig. 1 e) sera nuisible, sauf cas tout à fait exceptionnels qui feront l'objet de curiosité (fig. 1f).



Dans la grande majorité des cas, l'ouvrage est raide et de résistance insuffisante, et les désordres sont évidemment d'autant plus importants que l'hétérogénéité des tassements est grande.

4.2. Charge et tassement en terrain homogène.

Les mécaniciens des sols évaluent généralement le tassement dans un terrain de nature homogène à l'aide d'une formule du genre :

$$T = t \cdot f \cdot P (1-\nu^2) / E \cdot A^{1/2}$$

t : coefficient du terrain,

f : coefficient de forme de la semelle,

P : charge appliquée sur la semelle,

ν : coefficient de Poisson,

E : module d'Young,

T : tassement.

Si $\sigma = P / A$, la formule peut s'écrire :

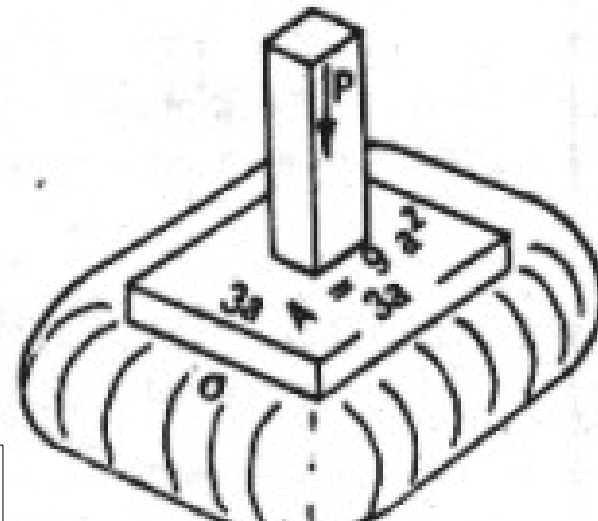
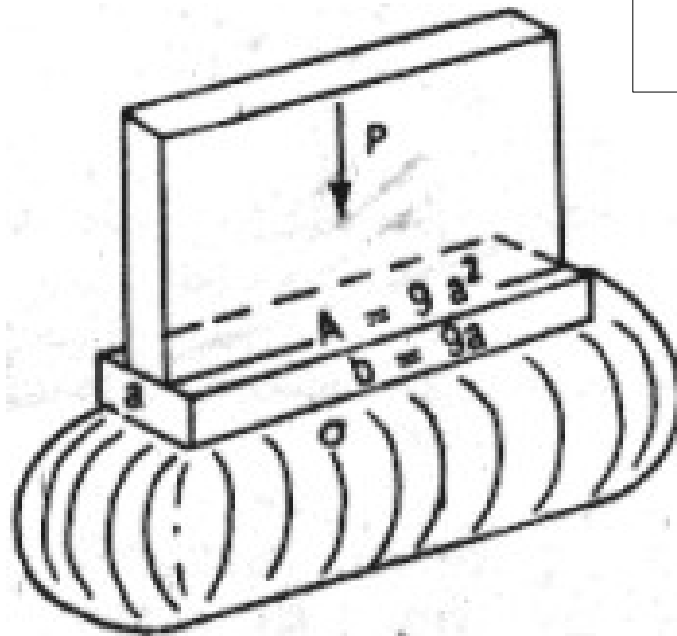
$$T = t \cdot f \cdot (1-\nu^2) / E \cdot \sigma \cdot A^{1/2}$$

$$T = t \cdot f \cdot (1-\nu^2) / E \cdot \sigma^{1/2} \cdot P^{1/2}$$

Les enseignements tirés de ces formules sont :

- Sur un même terrain, pour une même valeur de σ , deux semelles semblables de même profondeur tasseront proportionnellement à $P^{1/2}$ ou de $A^{1/2}$,

- Pour une même charge, le tassement dépend par 'f' de la forme de la semelle. En effet, l'étalement latéral des charges est lié au périmètre. Sur la figure suivante, la charge P appliquée sur l'aire '9 a²' trouve un étalement latéral le long du périmètre '20 a' sous la semelle longue et seulement '12 a' sous la semelle carrée. Cette dernière tassera légèrement plus que la semelle longue.



i., Nous pouvons conclure que même en terrain homogène, bien des problèmes se posent :

Si l'on dimensionne des semelles de même forme proportionnellement aux charges qu'elles supportent, c.à.d. pour une même contrainte sur le sol, les tassements ne seront pas uniformes, mais presque proportionnels aux charges.

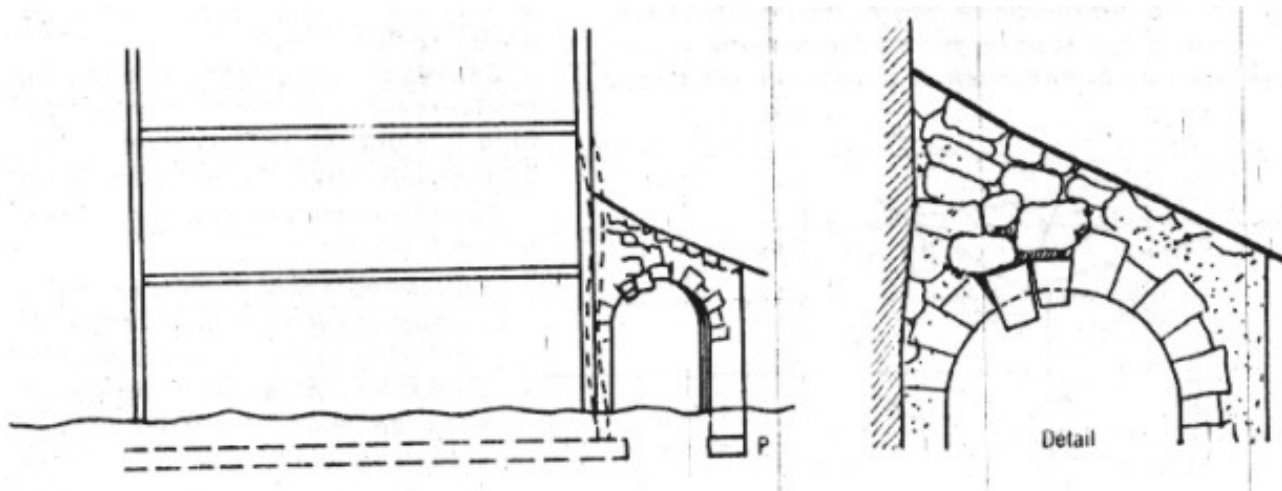
Pour assurer le même tassement, il faudrait donc surdimensionner les plus grandes semelles, ce qu'on ne fait pas généralement.

Exemple 1 :

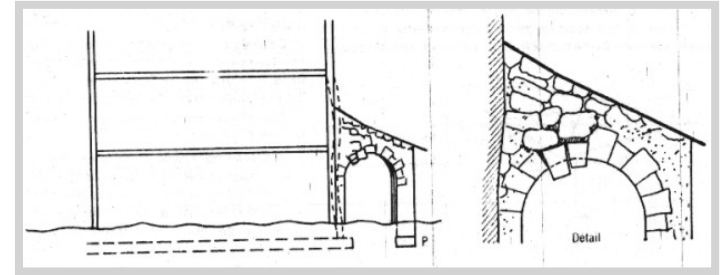
Le long de bâtiments d'habitation, des arceaux appuyés sur les façades se désolidarisent de celles-ci.

Pour redonner le caractère ancestral à un boulevard dans une ville partiellement détruite par la guerre, l'architecte a réalisé un passage couvert avec structure maçonnée à piles massives et arceaux appuyés sur les nouvelles façades.

Les bâtiments à cinq niveaux reposent sur une argile plastique compressible par des semelles filantes. Aussi, toutes les fondations étaient scrupuleusement dimensionnées pour une contrainte admissible de 1 bar et l'on avait très scrupuleusement dimensionné toutes les fondations à ce taux, y compris les plots P qui portent les piliers du passage couvert. Quelques mois après l'achèvement des travaux, des fissures apparurent dans les tympans au dessus de l'arceau, parmi les joints de la maçonnerie et entre les voussoirs. Il fallut en démolir et reconstruire un bon nombre.



Causes : il est généralement difficile de suivre le tracé des fissures dans une maçonnerie de moellons.



Cependant la dislocation montrait un cisaillement d'allure verticale, causé par un tassement différentiel entre les piliers et les bâtiments, ceux-ci ayant tassé davantage. Le phénomène fut expliqué -malheureusement trop tard- par le calcul des tassements respectifs des arcades très légères et des bâtiments.

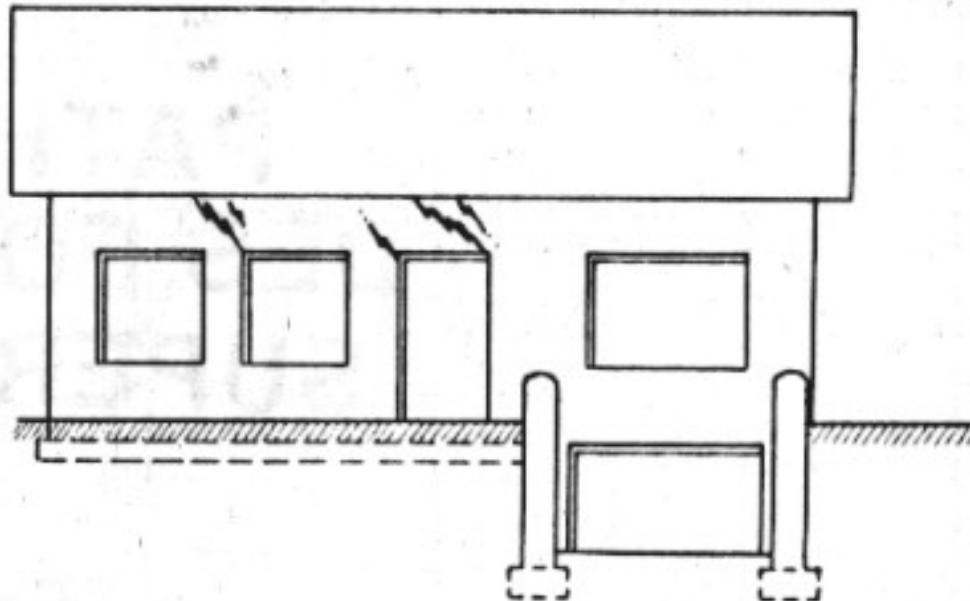
Moralité : en terrain compressible, l'égalisation des tassements est primordial surtout pour des ouvrages mal chaînés.

ii., D'autre part sous charges égales, deux semelles identiques tassent différemment si leur profondeur d'enfouissement est différente. La semelle moins profonde tasse relativement plus. Méconnaître ce fait pour les constructions mal chaînées est la cause de fréquents désordres.

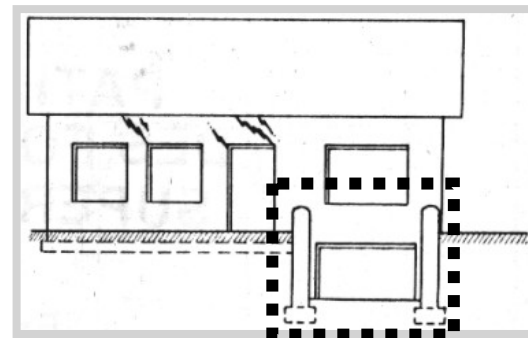
Exemple 2 :

Un groupe de pavillons se fissurent en façade et dans leurs cloisonnements intérieurs.

Il s'agit d'un lotissement où chaque pavillon est à rez de chaussée et comble aménageable avec sous-sol partiel à usage de garage où on accède de la rue par une rampe. Les murs en briques reposent par semelle filante sur une argile légèrement sableuse. Peu de temps après la livraison des premiers pavillons, des fissures apparurent en haut des façades, partant de la sous toiture qui n'avait pas été chaînée et atteignant les angles des baies. A l'intérieur, les cloisons longitudinales présentaient également des fissures au dessus des portes.



Causes : l'allure des désordres montrait un léger basculement de la partie sous sol, qui avait tendance à tasser plus que l'autre.



En effet, d'un côté, les semelles étaient enfouies à environ 60 cm tandis que de l'autre, elles étaient à quelques 3 mètres sous le sol. Le terme de profondeur a produit son effet.

Moralité : en terrain compressible, il ne faut construire que des ouvrages équilibrés ; un sous sol total aurait ici homogénéisé les tassements, raidi les pavillons...et ajouté un espace disponible pour les occupants. Un bon chaînage en tête des murs est également recommandé.

4.3. Les méfaits de l'eau.

Si un ouvrage a été construit en méconnaissance du niveau des plus hautes eaux :

- celles-ci peuvent envahir les sous sols, en démolissant les dallages trop imperméables par effet de sous pression,
- elles imprègnent le sol de fondation, détériorant parfois sa force portante et provoquent ainsi des tassements anarchiques.

Aussi, l'eau de pluie ruisselle sur les pentes et s'infiltré plus ou moins lentement suivant la perméabilité des couches superficielles. On lutte efficacement contre les eaux de ruissellement par un circuit de drainage, à la condition qu'il fonctionne tant tout au long de son parcours qu'à son exutoire.

Parmi les autres méfaits des eaux de ruissellement et non des moindres, citons pour mémoire les glissements de terrain et le déversement des murs de soutènement.

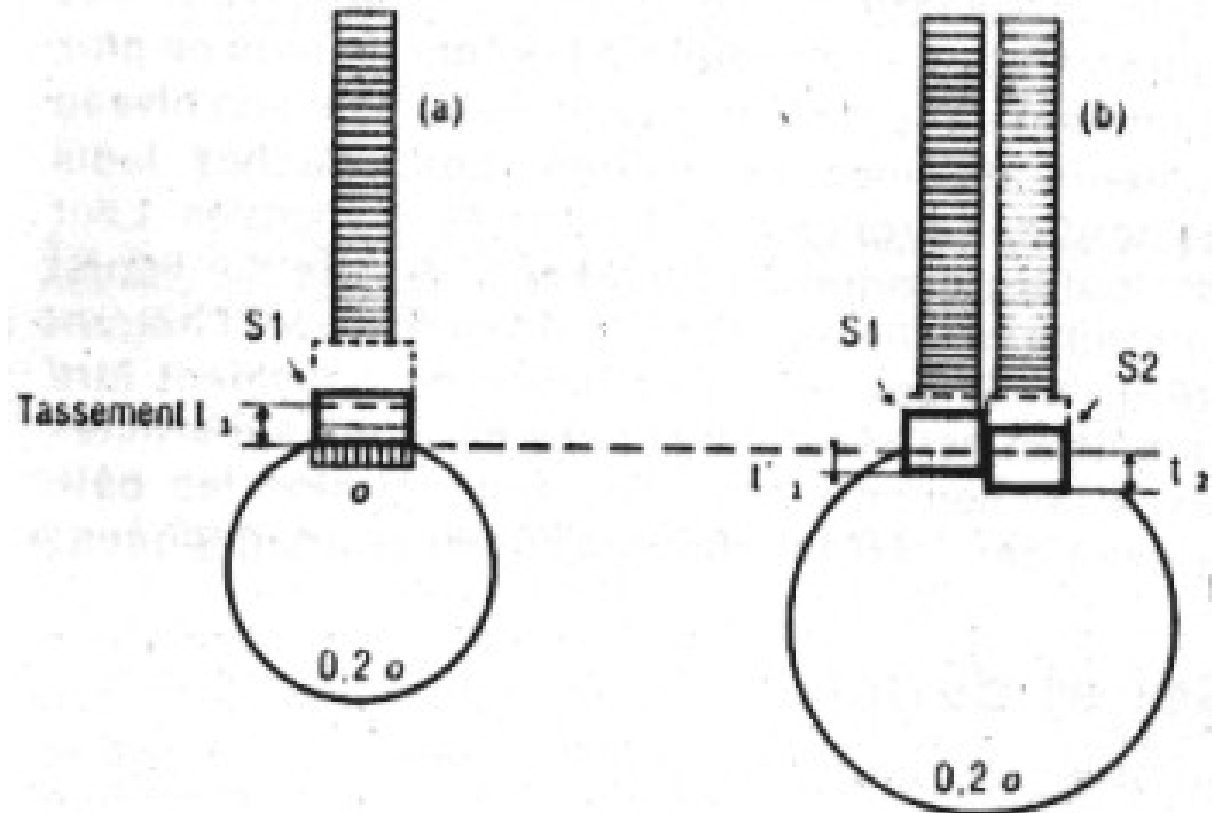
Les fuites d'eau des réseaux d'alimentation en eau potable (A.E.P) et d'assainissement peuvent être des causes d'affouillement et d'imprégnation en permanence du sol de fondation provoquant la perte de la force portante et tassements. Dès lors, la canalisation est souvent entraînée dans le mouvement ; elles s'ouvrent et fuit davantage et personne n'est plus capable de dire si le sol a tassé à cause de la fuite ou si la canalisation s'est rompue par suite de tassement.

Les argiles ont la propriété de pouvoir renfermer des quantités d'eau appréciables qui ont pour effet de modifier leur force portante, mais aussi pour certaines de les faire gonfler. La dessiccation produit l'effet inverse et peuvent conduire à des tassements.

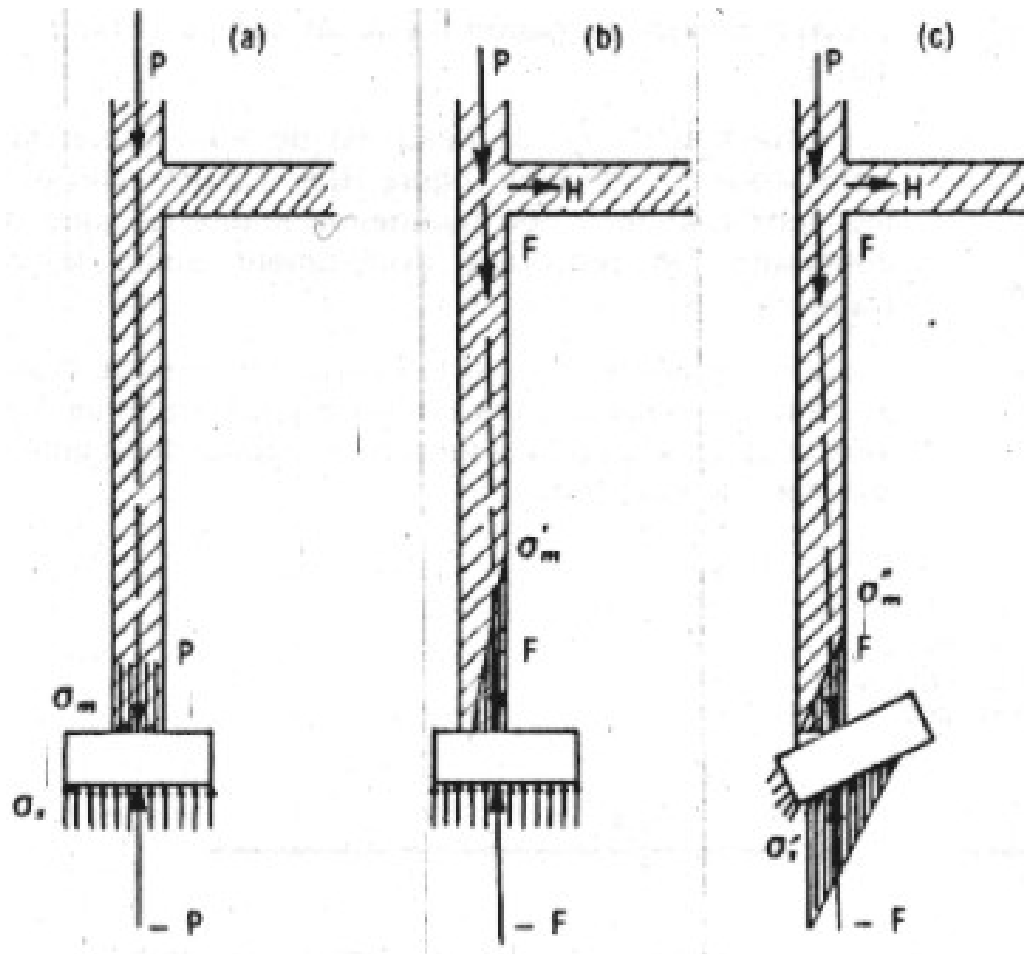
4.4. Modification de l'équilibre du sol.

La semelle d'un bâtiment nouveau fait tasser sa voisine par interférence des deux bulbes de pression. Le sol se comporte, en effet, comme sous une semelle unique plus large et plus chargée et même à contraintes égales, le tassement croît avec la largeur.

La première semelle S_1 tasse de t_1 sous le poids de son mur. Au cours du chargement de la semelle S_2 , celle-ci subit un tassement t_2 inférieur à t_1 ; mais S_1 subit un supplément de tassement t'_2 .



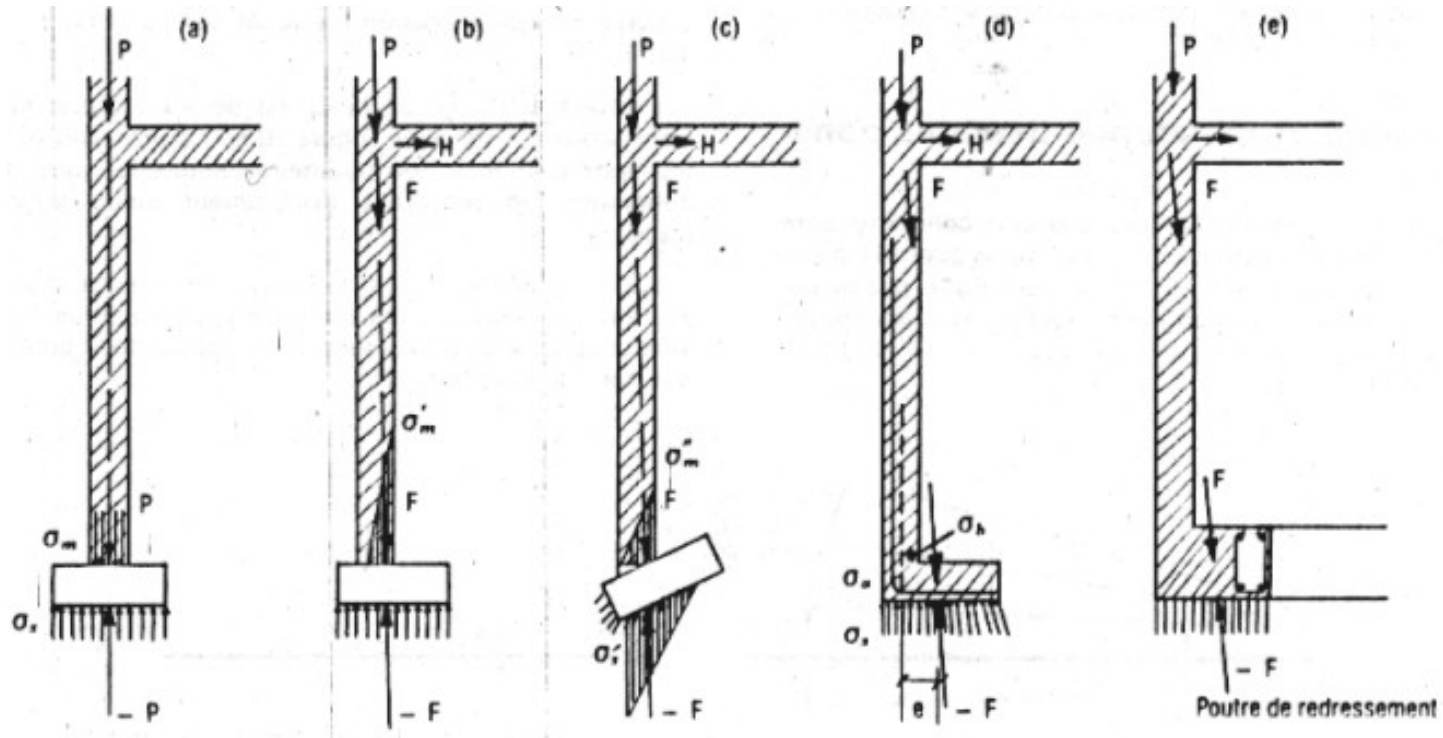
Notons au passage qu'il est déconseillé de réaliser une semelle excentrée près d'un mitoyen sous prétexte que la place manque pour la centrer sous le mur : on risque son basculement suivi de graves désordres dans le bâtiment



Soit σ_s et σ_m les contraintes dans le sol et à la base du mur, dans le cas d'une semelle centrée. Si nous excentrons progressivement la semelle, la maçonnerie, infiniment moins déformable que le sol, en recevra entièrement l'effet et subira des contraintes σ_m' rapidement croissantes du côté de l'excentrement, tandis que sur le sol σ_s restera constant. Mais par endroits σ_m' risque d'atteindre la valeur de rupture. Il y aura alors écrasement local de l'arête la plus chargée de la maçonnerie, début d'affaissement du mur, et σ_s' diminuera grâce à un léger recentrement de F . Comme la réaction $-F$ suivra le mouvement de F , les contraintes du sol deviendront fatalement inégales ainsi que le tassement et la semelle pivotera.

Si un excentrement notable est obligatoire, il convient de choisir l'une des deux solutions suivantes :

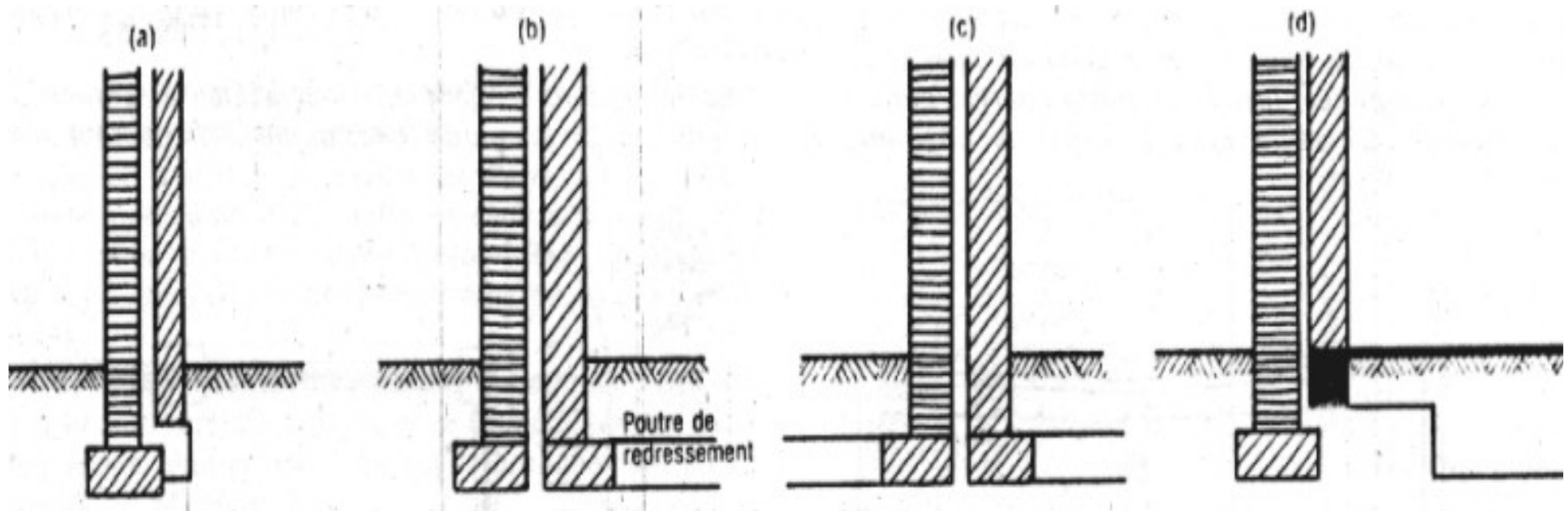
- 1., réaliser un ensemble semelle-mur en béton armé dont l'angle résistera au moment de flexion $M = F \cdot e$,
- 2., relier la semelle à des poutres de redressement.



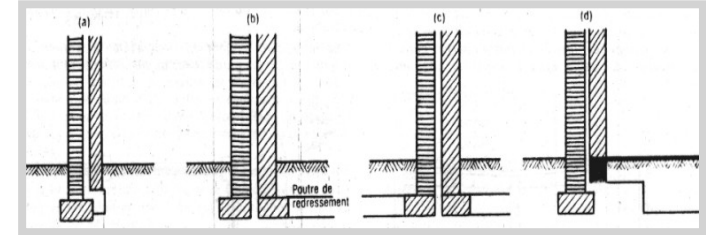
Exemple 3 :

des immeubles se fissurent après la construction d'immeubles mitoyens.

Des fissures d'allure inclinée apparaissent en façades et cloisons de l'immeuble ancien, au voisinage immédiat de la mitoyenneté, tandis que s'achevait la construction d'un immeuble voisin.



Causes : i., assez souvent, la semelle du nouveau mur pignon est solidarisé avec l'ancienne qui déborde d'une



dizaine de centimètres chez le voisin et certains experts y voyaient la cause irréfutable des tassements (figure 4 a),

ii., dans certains cas, le débordement de la semelle existante est démoli, et un joint franc est réalisé entre elle et l'autre semelle. Les désordres apparaissent et l'on accuse le voisin, avec quelque raison, d'avoir réduit la surface d'assise et causé, en plus, un excentrement entre la semelle et son mur (figure 4 b).

Il arrive aussi que sans toucher à l'ancienne fondation, on provoque son tassement sur terrain très compressible et ce à cause de l'interférence de bulbes de pression (figure 4 c).

La seule solution valable, en mauvais terrain consiste à réaliser une fondation excentrée, assise assez loin de la semelle existante pour éviter les interférences des contraintes dans le sol (figure 4 d).

Moralité : sous les charges d'un bâtiment, le terrain ne s'affaisse pas comme les touches d'un piano ; le tassement sous une charge s'accompagne du tassement de tout le voisinage immédiat.

4.5. Agression des fondations.

Les fondations sont en contact de milieux pouvant être agressif à leur égard ; ils doivent être conçus en conséquence.

i., le plus répandu des agents responsables d'agression est le sulfate de calcium (Ca SO_4). Il provient généralement de la dissolution de gypse naturel et véhiculé vers la fondation par les eaux de ruissellement. Le sulfate de calcium se combine avec la célite (C_3A) présente dans le ciment pour former le sel de Candlot. La formation de ce composé s'accompagne d'un fort taux de gonflement qui fait éclater le béton.

ii., l'eau de mer et notamment les eaux chlorées attaquant la chaux libre au sein de Ciment Portland Artificiel (CPA) ainsi que les armatures dont elles accélèrent la corrosion.

iii., les eaux pures (eaux de pluie, de fonte des neiges,...) tendent à dissoudre la chaux libre en rendant le béton poreux engendrant la réduction de ses qualités mécaniques,

iv., les eaux thermales chargées d'acide carbonique, les eaux résiduaires des sucreries et généralement les déchets acides dans le cas de la proximité d'une zone industrielle, attaquent lentement la basicité du ciment portland durci.

On voit bien l'intérêt de connaître le milieu dans lequel se trouve la fondation. En cas de doute, il est prudent d'utiliser des matériaux résistants aux eaux agressives :

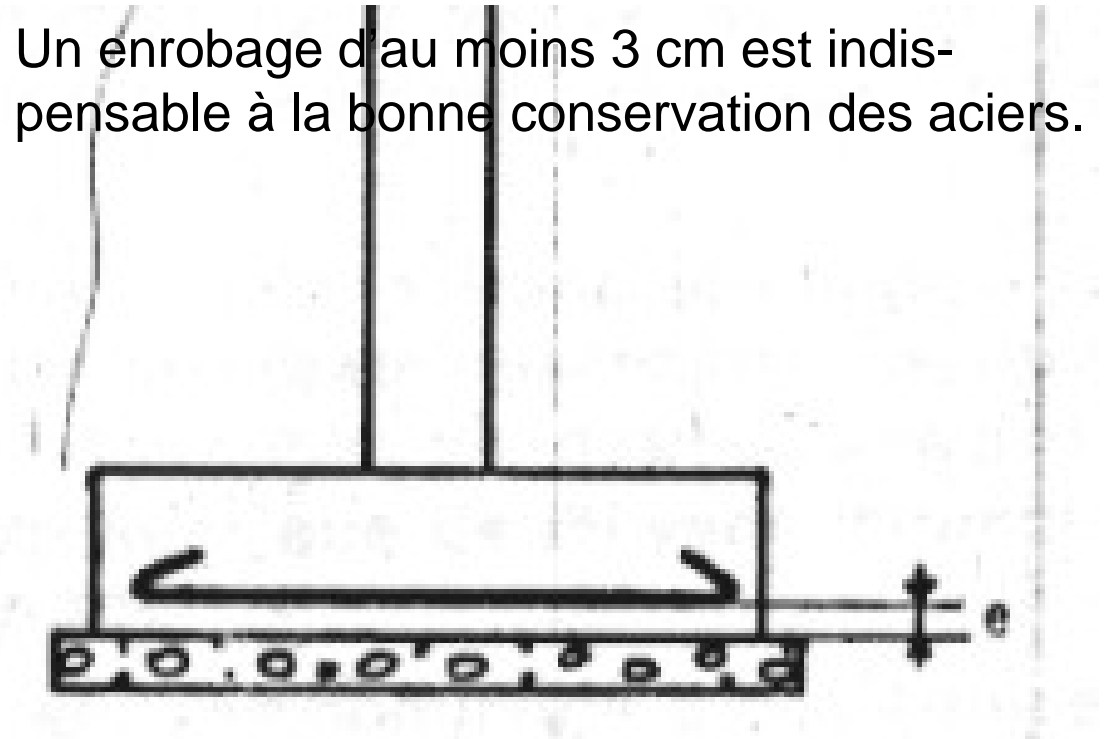
- Granulats siliceux ou de calcaire dur,
- Ciments non basiques (riches en laitier ou prise mer,...)

4.6. Erreurs d'exécution.

i., une détérioration du revêtement de terrassement qui gratte souvent la surface et par conséquent la reconstruit prolongée du fond de surface et implique un recompactage,

ii., une mauvaise imposition des armatures supérieures

iii., un mauvais positionnement des armatures soit en les posant sans cale sur le béton de propreté qui est un béton médiocre et poreux. L'acier se trouve ainsi sans protection contre l'humidité plus ou moins agressive du sol ; soit en inversant le ferrailage.



iv., le béton des semelles doit être compact et correctement dosé pour ne pas devenir, par sa porosité, le siège de cheminements d'eau qui dissoudraient progressivement les constituants de son ciment durci,

v., un mauvais bétonnage; coulées de terre se retrouvant prisonnières dans la semelle qui en détruisent la résistance à cet endroit,

vi., un mauvais remblaiement en radier échelonné pouvant engendrer le fluage des zones en place. Les remblais A doivent être pleins et compactés.

