

Chapitre 5

Conception des ossatures de bâtiments à étages

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéressons au cas des ossatures métalliques des bâtiments à étages. En abordant la notion de plancher rigide, nous montrerons au paragraphe 2 suivant comment et sous quelle condition, le plancher peut-il jouer le rôle de contreventement horizontal. Traitant le contreventement vertical au paragraphe 3, il en sera question du nombre minimal de palées verticales ainsi que de leurs orientations. Quant au paragraphe 4, celui-ci fera l'objet d'une analyse des différentes possibilités de contreventement telles que par portiques autostables, par palées de stabilité, ainsi qu'en mode mixte : portiques et palées. Nous terminerons ce chapitre par un exemple d'analyse de stabilité d'une ossature de bâtiment à deux niveaux.

2. Contreventement horizontal par planchers rigides ou diaphragmes :

La particularité essentielle de ce type de structure, réside dans le fait qu'elles possèdent à chaque niveau (ou étage) des planchers infiniment rigides dans leurs plan. Ces planchers consistent en des dalles en béton armé ou en des planchers mixtes acier béton. Cette notion de rigidité dans le plan est très importante. En effet, sous l'effet de forces horizontales dues au vent ou au séisme, le plancher rigide dans son plan (nommé également diaphragme) aura un mouvement de corps rigide (indéformable) dans son plan. Autrement dit, si on considère un segment de droite reliant deux points A et B appartenant à ce plancher, ce segment subira soit des translations soit des rotations mais ne subira aucune déformation. Par conséquent, ce diaphragme entrainera avec lui toutes les extrémités des éléments verticaux qui lui sont connectés. Ces éléments verticaux sont les poteaux ainsi que les palées de stabilité. En solidarissant entre elles toutes ces palées verticales, ce plancher (ou diaphragme) joue ainsi le rôle de contreventement horizontal (figure 105).

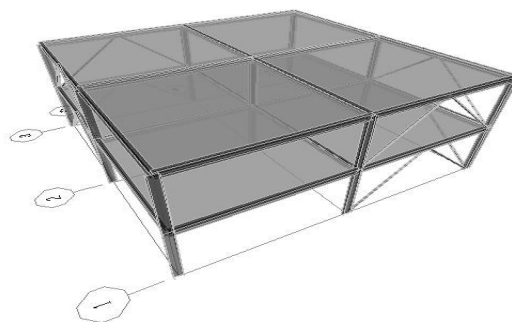


Figure 105 : Exemple d'ossature comportant des planchers rigides dans leurs plans ou diaphragmes

Toutefois, dans le cas des constructions mixtes acier béton, pour que le plancher puisse assurer correctement sa fonction de diaphragme ou de contreventement horizontal, il est absolument nécessaire que les poutres métalliques soient entièrement connectées aux dalles mixtes par le biais de connecteurs (voir la figure 106 ci-dessous). Faute de quoi, un contreventement horizontal en palées triangulées doit être mis en place.



Figure 106 : poutre métallique avec connecteurs soudés sur la semelle supérieure

La figure 107 illustre un exemple de plancher mixte acier béton où la connexion entre la poutre métallique et la dalle mixte est assurée par un nombre approprié de goujons connecteurs.

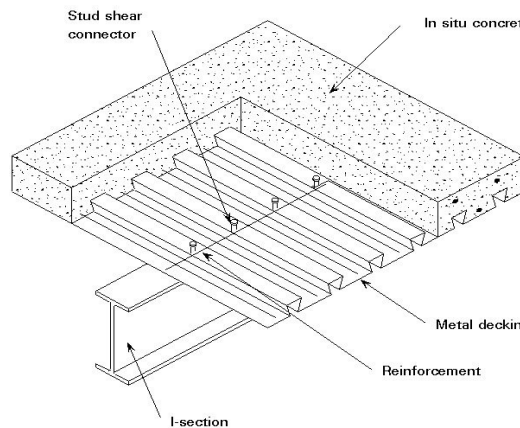


Figure 107 : exemple de plancher mixte acier béton avec dalle mixte connectée à une poutre métallique

3. Le contreventement vertical : nombre minimal de palées verticales et leur orientation

Dans chaque plan horizontal, correspondant à chaque étage de la structure, il est impératif de disposer d'au moins trois palées de contreventement vertical qui ne sont ni alignées ni toutes parallèles entre elles. La figure 108 illustre le plan d'un étage avec trois palées identifiées par des traits noirs épais. Parmi les options présentées, seule la configuration **a** est considérée correcte. Les palées de type **b** se révèlent incapables de résister à une force de vent F_1 perpendiculaire à leur plan commun, tandis que les palées de type **c** ne peuvent entraver la rotation autour du point O , résultant d'une force F_2 excentrée par rapport à ce point.

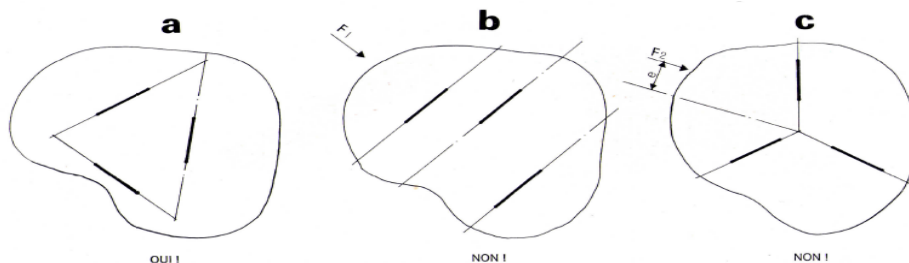


Figure 108 : Différentes possibilités d'orientations des palées à adopter et à éviter

Ainsi, dans un plan rectangulaire doté de files orthogonales, On pourra se limiter à trois palées, réparties avec deux dans une direction et une seule dans l'autre. Cette hypothèse, bien entendu, dépend

de la capacité du contreventement horizontal à transmettre les forces du vent (ou du séisme) vers ces trois palées. Cependant, dans la pratique, on privilégie généralement la prévision d'au moins deux palées dans chaque direction.

La figure 109 illustre des exemples de configurations de palées verticales, certaines étant jugées admissibles, tandis que d'autres sont interdites en raison des raisons citées précédemment.

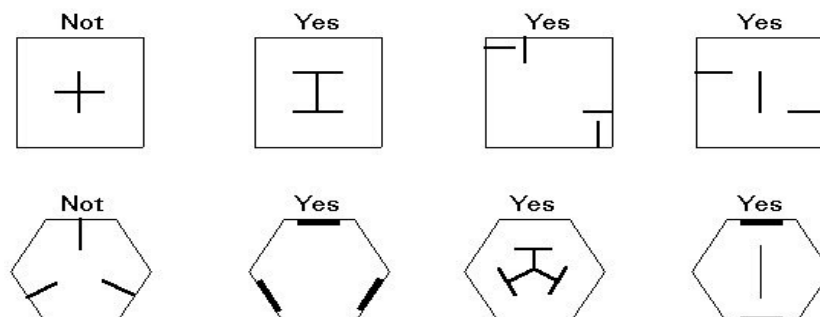


Figure 109 : exemples de dispositions de palées verticales qui sont soit admissibles, soit interdites.

4. Analyse des différentes possibilités de contreventement

Il existe donc plusieurs possibilités pour assurer la stabilité d'un bâtiment. Essentiellement, on peut recenser deux conceptions qui sont les plus fréquemment rencontrées :

1. La première consiste à concevoir le bâtiment à partir d'éléments (poutres, poteaux, fondations) liés de manière absolument rigide les uns aux autres et ce, dans toutes les directions: c'est le portique tridimensionnel autostable.
2. Dans la seconde, on peut concevoir le bâtiment formé d'éléments liés entre eux de manière souple (assemblage articulé) dans une ou dans toutes les directions. Pour assurer la stabilité, il est nécessaire de réunir, dans ce cas, entre eux les éléments de structure (poutres, poteaux, fondations) par des contreventements formés de barres ou par des parois pleines (diaphragmes, murs en maçonnerie ou en béton, dalle de béton, murs de refend ou éléments de façade rigides, etc.).

La première solution (celle avec les éléments assemblés rigidement les uns aux autres), possède des **avantages** et des **inconvénients** :

1. **Ses avantages** : du point de vue de la statique et du comportement de la structure, il est intéressant d'avoir des liaisons rigides entre tous les éléments de l'ossature car cela permet de diminuer le poids des poutres et des fondations par une meilleure répartition des efforts internes dans toute l'ossature.
2. **Ses inconvénients** : Par contre, la complexité des assemblages rigides dans toutes les directions devient telle que le coût des assemblages peut largement dépasser le gain d'économie obtenu sur le poids d'acier mis en œuvre pour réaliser l'ossature. Par ailleurs, de tels assemblages exigent beaucoup de temps (découpe, perçage, accostage, soudage, etc.) pour leur fabrication en atelier et pour leur mise en œuvre sur le chantier lors du montage, d'où des délais de réalisation plus longs.

La seconde solution (celle où les éléments de structure sont assemblés de manière souple ou semi-rigide mais contreventés de façon adéquate), permet des économies considérables sur les coûts de réalisation des assemblages, en dépit parfois d'un accroissement du poids de l'ossature (poutres et fondations) et, surtout, elle facilite grandement le montage de l'ossature d'où un gain appréciable sur les délais de construction

5. Exemple d'analyse de stabilité d'une ossature de bâtiment à deux niveaux

Prenons l'exemple d'un bâtiment à deux niveaux, comme illustré dans la figure 110. Cet ouvrage s'étend sur une longueur de 24 mètres, comprenant quatre portiques transversaux. La question cruciale qui se pose est de déterminer comment assurer la stabilité de cette structure dans les deux directions, face aux sollicitations tant transversales que longitudinales.

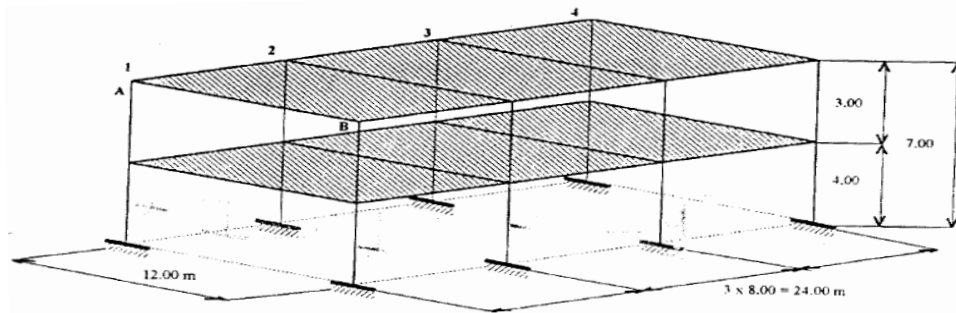


Figure 110: Exemple d'ossature à deux niveaux

5.1 Stabilité transversale :

Sous l'action de forces horizontales F_{Hi} aux différents niveaux i , la construction peut subir des déformations horizontales importantes et intolérables à cause des désordres qu'elles peuvent entraîner dans les éléments non structuraux (vitrages, façades, murs et cloisons intérieurs, etc.). il est donc nécessaire d'assurer la stabilité transversale ou, en d'autres termes, la reprise des efforts horizontaux soit par des palées de stabilité ou par des portiques à nœuds rigides

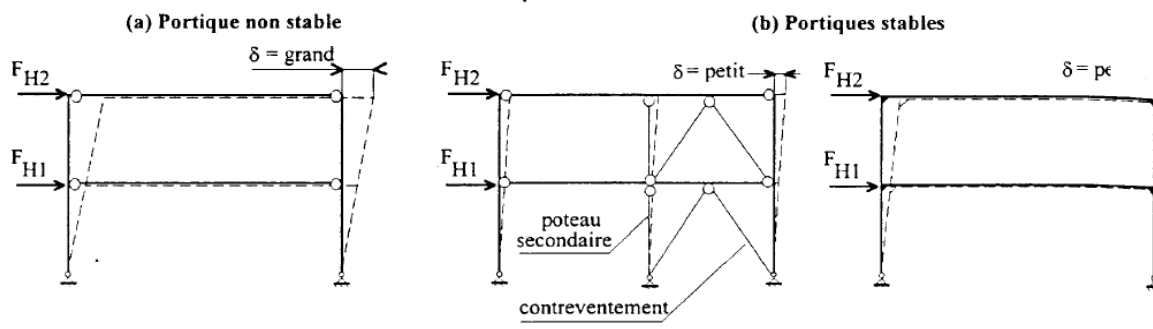


Figure 111 : cas de portique non stable à grande déformation(a) et de portiques stables (b) contreventés

Les pieds de poteaux peuvent être soit articulés, soit encastés. Généralement, les pieds de poteaux articulés donnent de meilleures solutions sur le plan économique, bien qu'ils conduisent à des structures plus souples latéralement. L'aspect économique de ces pieds de poteaux articulés, concerne essentiellement les fondations vu qu'ils ne leur transmettent pas de moments fléchissants.

En ce qui concerne la fonction du diaphragme (ou du plancher infiniment rigide dans son plan), il est possible de remarquer qu'au lieu de doter chaque portique d'un contreventement transversal vertical, il est possible de limiter le contreventement aux deux portiques situés sur les façades pignons. Les autres portiques trouvent leur stabilité grâce au plancher horizontal au niveau 1 et à la dalle de toiture au niveau 2, agissant comme des diaphragmes horizontaux. En effet, selon la disposition présentée dans

la figure 112 ci-après, il peut parfois être plus judicieux de positionner les contreventements dans les façades, en tenant compte de leur habillage, plutôt que dans les plans des portiques intermédiaires, où l'on souhaite généralement conserver un espace libre.

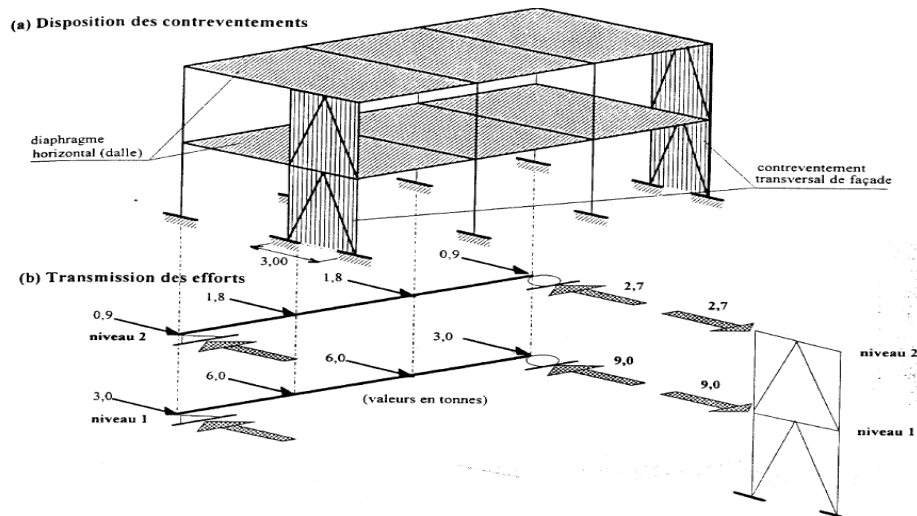


Figure 112 : vent transversal : deux contreventement verticaux en façades pignons et utilisation du plancher diaphragme comme contreventement horizontal

Chaque dalle, ou plancher, constitue un diaphragme horizontal qui à la manière d'une poutre reporte ses efforts horizontaux aux palées de stabilité situées sur les murs pignons (figure 112). Ce sont ces réactions d'appuis qui sollicitent les contreventements verticaux.

5.2 Stabilité longitudinale:

La stabilité vis-à-vis d'efforts longitudinaux (dus au vent ou aux séismes) doit être également assurée par des contreventements longitudinaux verticaux (figure 113). En effet, sans ces contreventements, le bâtiment est statiquement instable longitudinalement. Dans le cas de cette figure de contreventements par palées de stabilité longitudinales, les dalles de plancher, rigides dans leur propre plans reportent les efforts horizontaux aux contreventements longitudinaux verticaux.

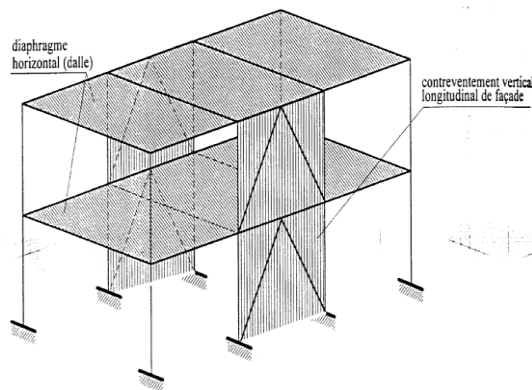


Figure 113 : vent longitudinal : deux contreventements verticaux en façades long pan et utilisation du plancher diaphragme comme contreventement horizontal

Remarque : les palées en V inversés contribuent également à supporter la poutre horizontale soumise aux charges verticales permanentes et aux surcharges. Dans ce cas précis, les barres de contreventement deviennent des éléments porteurs.