

Université de Tlemcen
Département d'architecture

LES CONTREVENTEMENTS

Matière: Structures
Parcours: Licence Architecture

Pr Mohammed Nabil Ouissi

- **DÉFINITION:**

un **contreventement** est un **système statique** destiné à **assurer la stabilité** globale d'un ouvrage vis-à-vis des effets horizontaux issus des éventuelles actions sur celui-ci (par exemple : vent, séisme, choc, freinage, etc.).

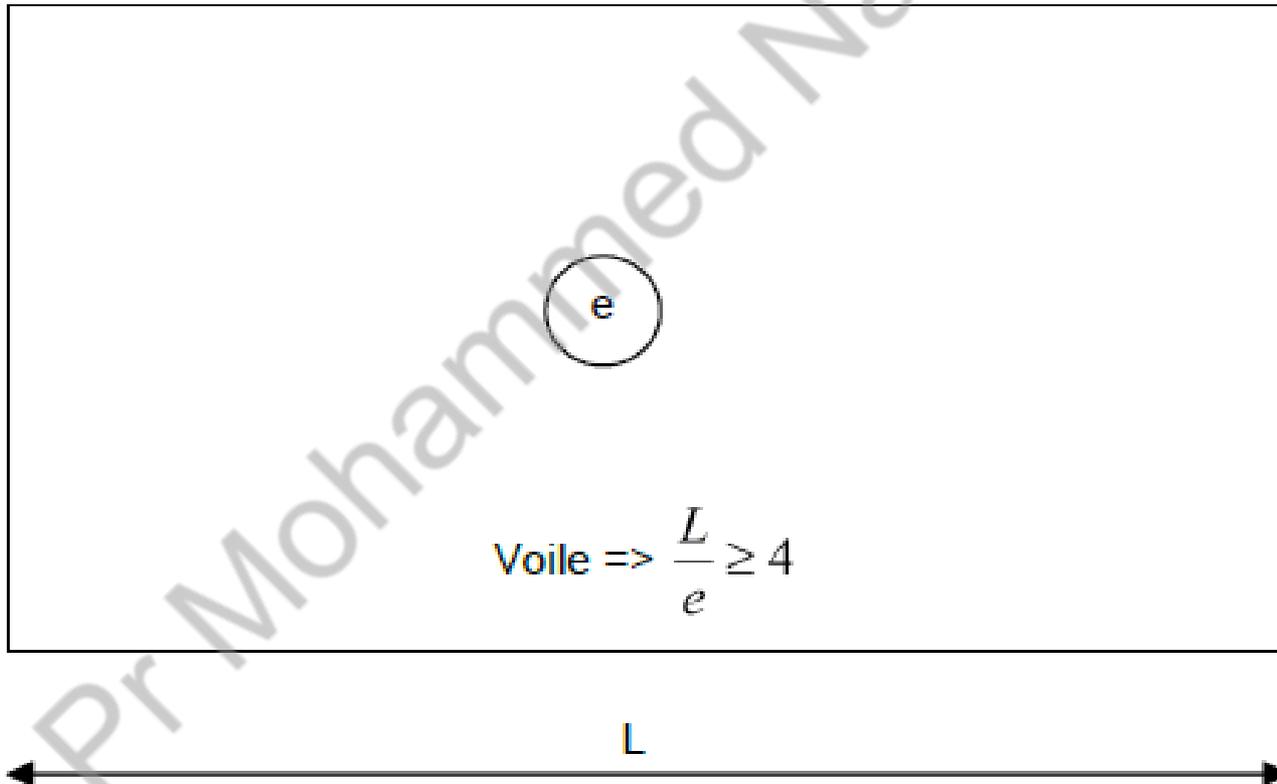
Il sert également à stabiliser localement certaines parties de l'ouvrage (poutres, poteaux) relativement aux phénomènes d'instabilité (flambage ou déversement).

Afin d'assurer la stabilité globale d'un bâtiment, il est nécessaire que celui-ci soit contreventé selon **au moins 3 plans verticaux non colinéaires et un plan horizontal** ; on distingue donc :

- les contreventements verticaux (destinés à transmettre les efforts horizontaux dans les fondations)
- les contreventements horizontaux (destinés à s'opposer aux effets de torsion dus à ces efforts).

Un contreventement peut être réalisé par des **voiles** (contreventements verticaux), des **plaques** (contreventements horizontaux) en béton armé, en maçonnerie, en bois ou en tôle ondulée ou des **treillis** en bois ou en acier.

On entend par « murs » ou « voiles », les porteurs verticaux qui se distinguent des poteaux par le rapport entre sa longueur « L » et son épaisseur « e » : un mur est un élément dont le rapport L/e est au moins égal à 4.



Choix du contreventement:

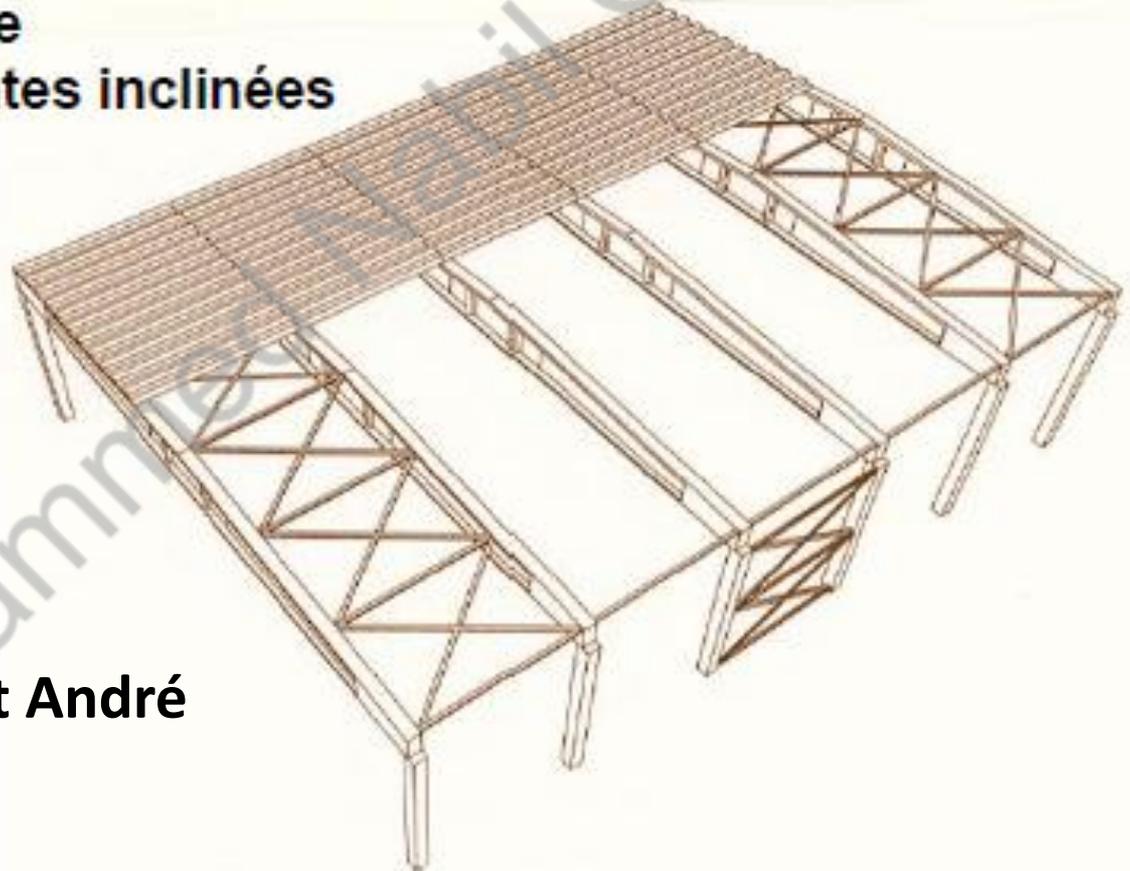
- Le rôle du contreventement horizontal est de transmettre les actions latérales aux éléments verticaux appelés palées de stabilité.
- les planchers et toitures faisant office de diaphragme rigide ne devraient pas être affaiblis par des percements trop grands ou mal placés pouvant nuire à leur résistance et leur rigidité. Les diaphragmes flexibles devraient être évités pour combattre le déversement des murs notamment en maçonnerie.

Le contreventement vertical par palées devrait répondre à des critères spécifiques tels que :

- **leur nombre : au moins trois palées non parallèles et non concourantes par étage.**
- **leur disposition : elles seront situées le plus symétriquement possible par rapport au centre de gravité des planchers et de préférence aux angles avec une largeur suffisante.**
- **leur distribution verticale : être régulière ; les palées seront superposées** afin de conférer aux différents niveaux, une rigidité comparable aussi bien en translation qu'en torsion.

Modes de contreventement:

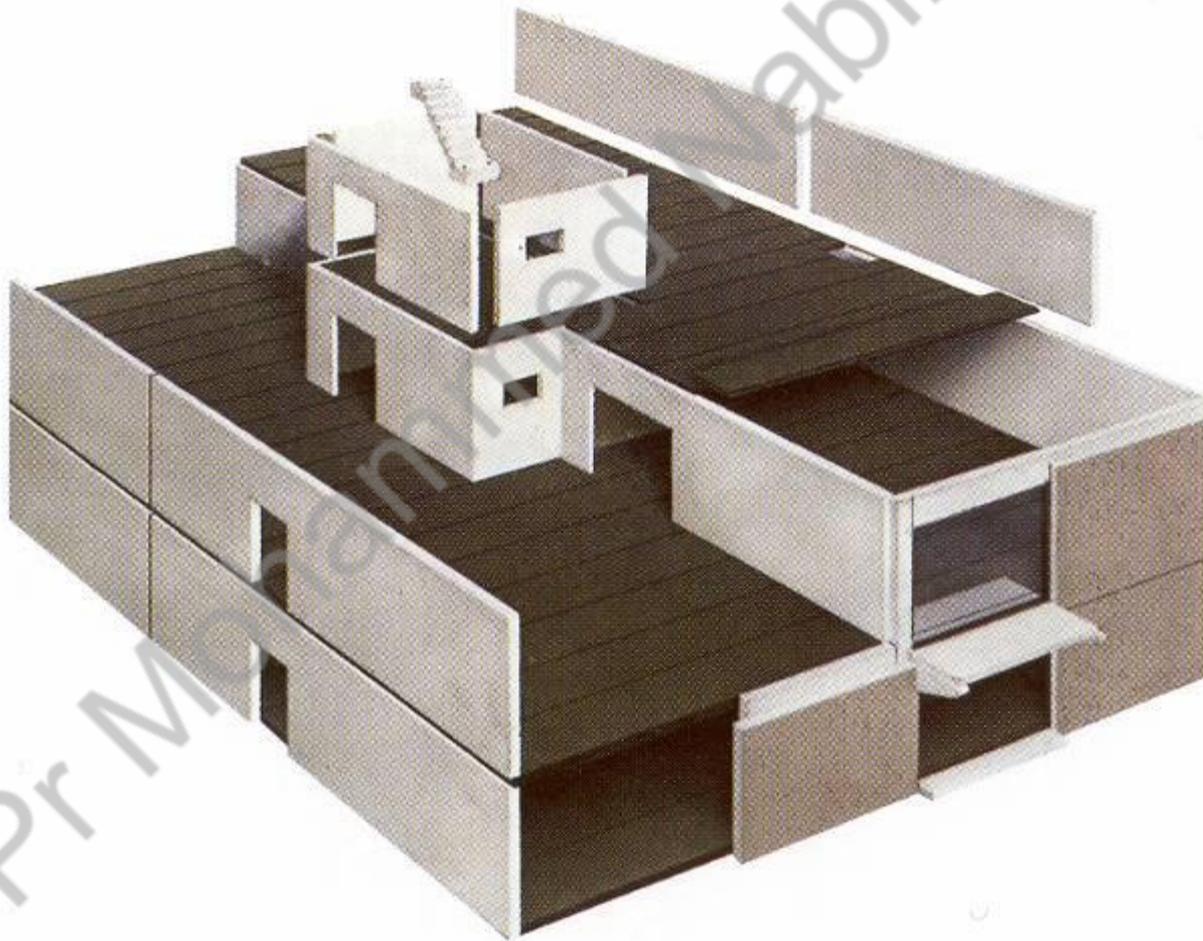
1. Croix de saint André
2. Voiles
3. Encastrement externe
4. Encastrement interne
5. Colonnes ou suspentes inclinées



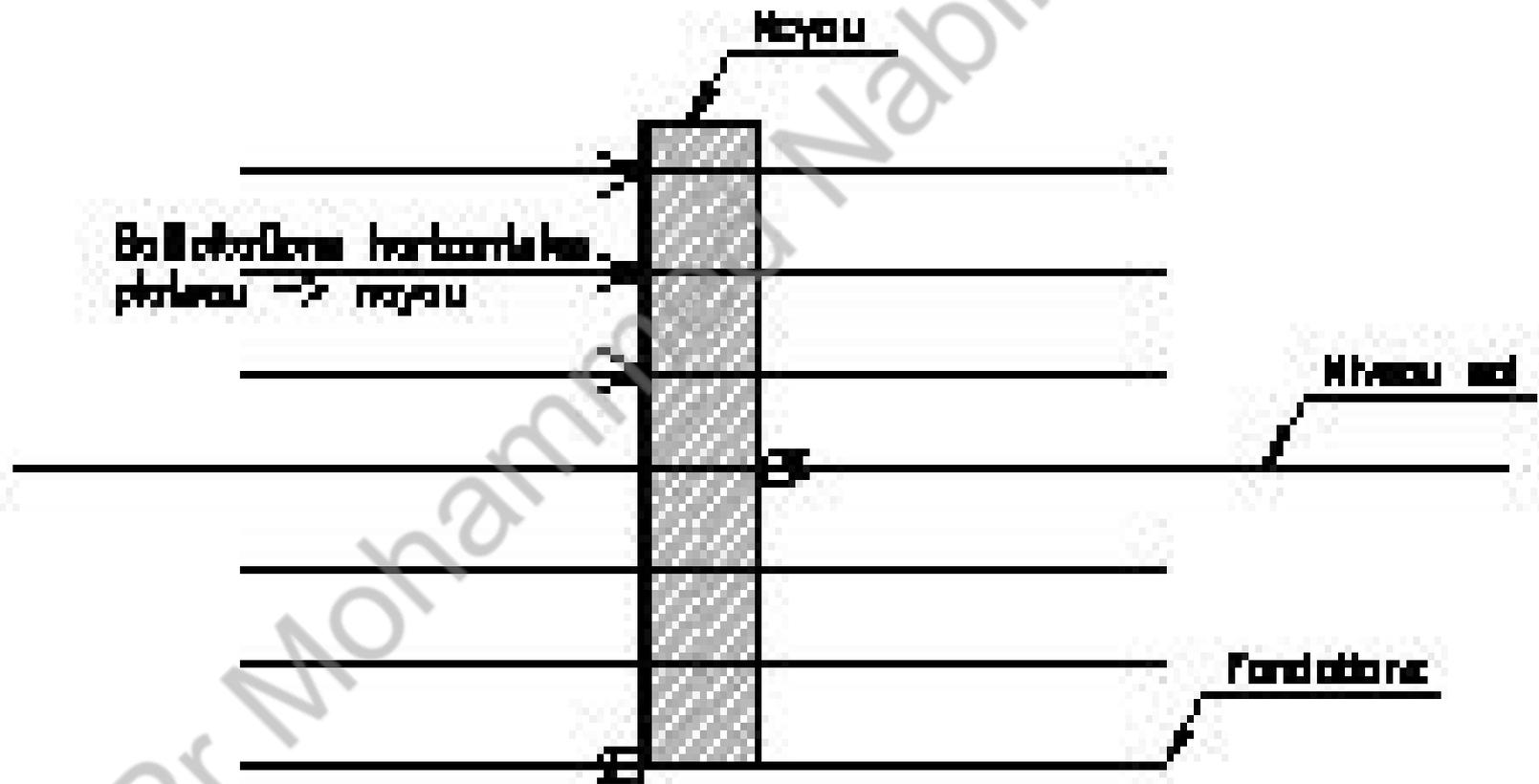
- Croix de saint André

- **Contreventement par voiles:**

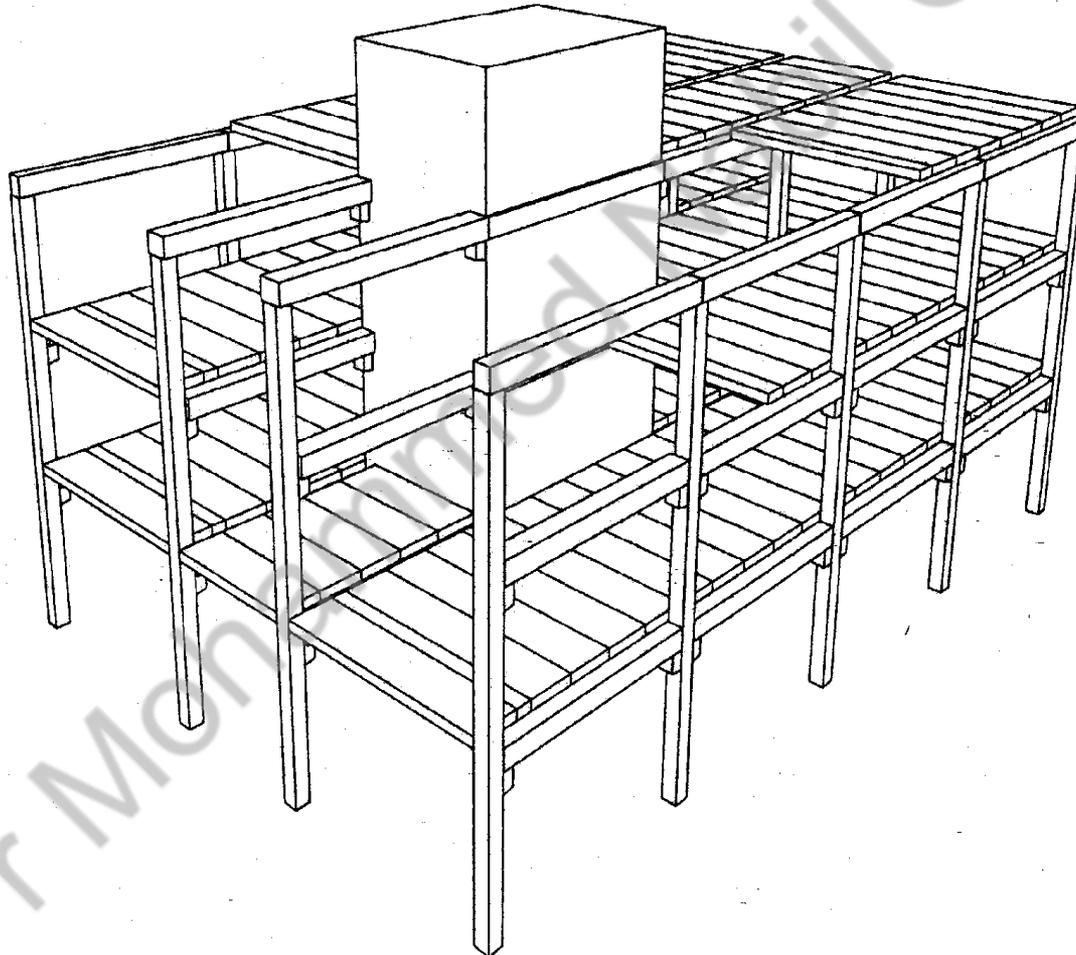
Les voiles (mur en maçonnerie ou voile en béton armé) ont une triple fonction : Supporter, contreventer et cloisonner l'espace



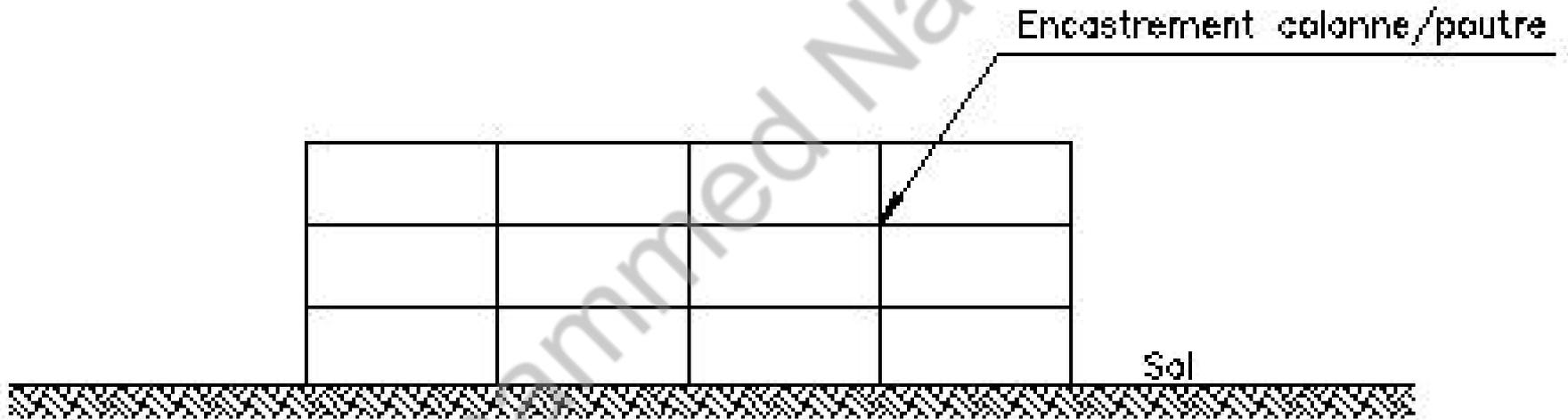
- **Contreventement par encastrement externe (noyaux) : Noyaux de circulations verticales**



- **Contreventement par encastrement externe (noyaux) : *Noyaux de circulations verticales***



- **Contreventement par encastrement interne**
(portiques)





- **Contreventement par colonnes inclinées**





- **Contreventement assuré par portiques**

Les portiques **doivent être conçus pour résister non seulement aux forces de pesanteur, mais également aux forces horizontales** ; cette résistance implique la rigidité des nœuds. Cette solution conduit en général à des **sections de béton et d'armatures plus importantes**, et à des dispositions de **ferrailage plus complexes** que celles usuellement adoptées dans les structures les plus courantes de bâtiments.

Cette solution de contreventement est **couteuse**, et on ne la retient guère que lorsqu'il n'est pas possible d'en choisir une autre.

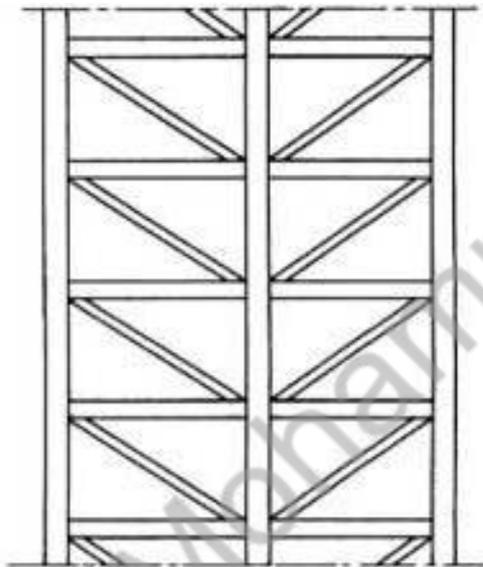
- **Contreventement assuré par pans rigides**

La rigidité des pans de contreventement peut être assurée :

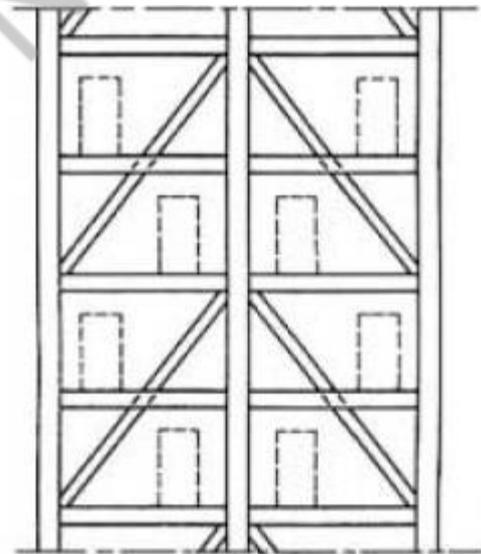
- soit par des triangulations en béton armé ;
- soit par des voiles en béton armé ;
- soit éventuellement par des *remplissages en maçonnerie de résistance suffisante* entre éléments (poteaux et poutres) de l'ossature en béton armé.

- Contreventement triangulé:

Dans le premier cas (a), la présence des triangulations crée souvent des difficultés pour la réalisation d'ouvertures dans les pans de contreventement : on peut quelquefois trouver une solution plus satisfaisante en disposant les éléments de triangulation non plus sur la hauteur d'un étage, mais sur celle de deux étages (b).

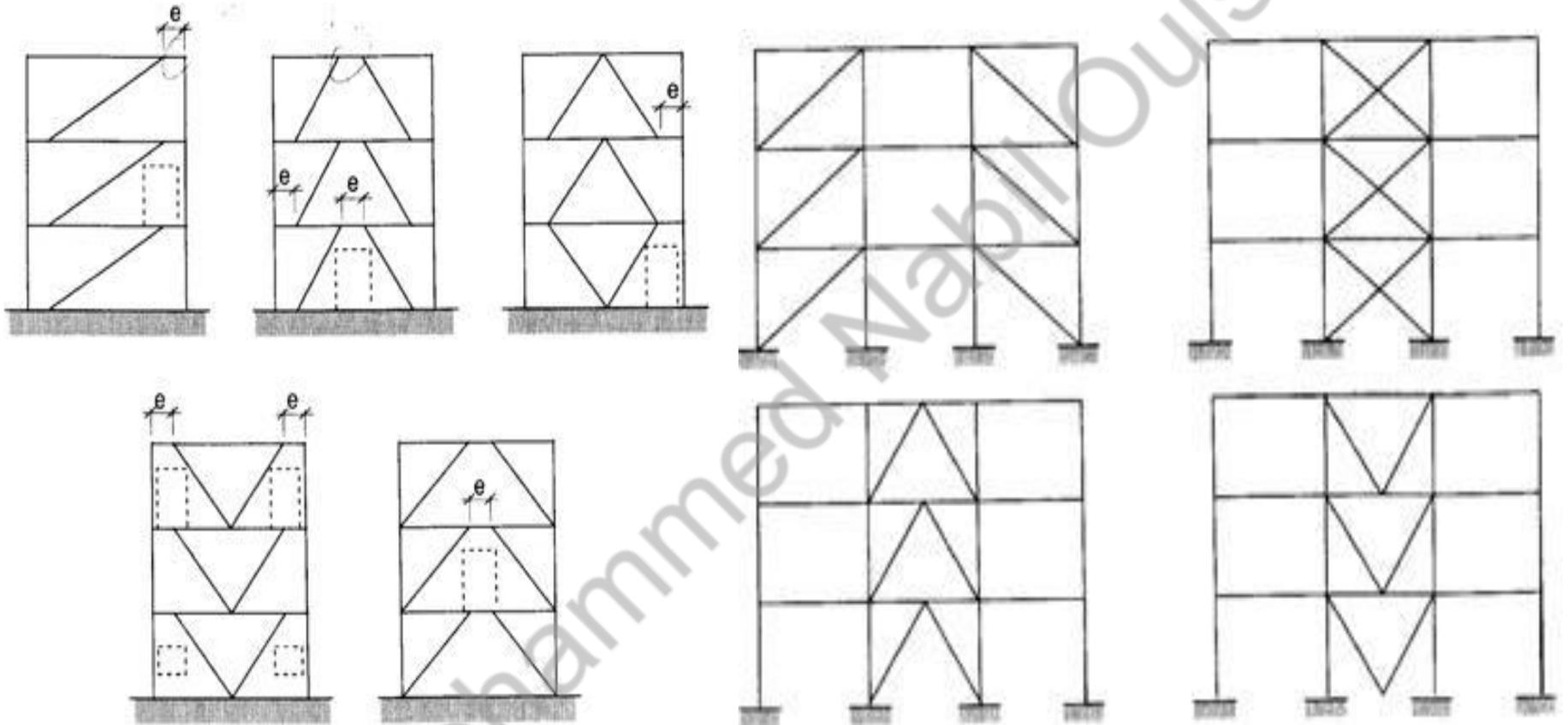


(a) sur la hauteur d'un étage



(b) sur la hauteur de deux étages:

La solution (b) facilite l'aménagement des baies

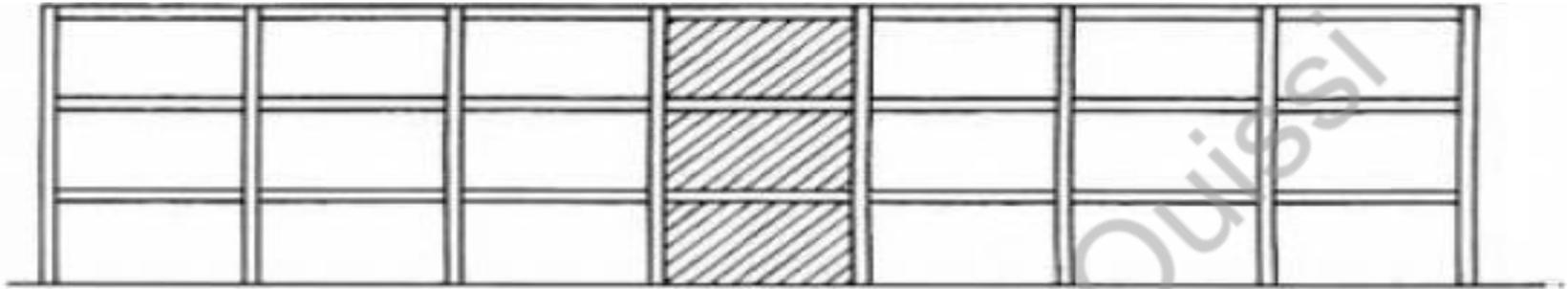


Contreventement triangulé

- Contreventement avec voile en béton:

Disposés transversalement aux bâtiments de forme rectangulaire allongée, ils constituent en même temps des éléments de transmission des charges verticales. Ils peuvent donc assurer à la fois la **transmission des charges verticales** et le **contreventement dans la direction *transversale* des bâtiments**.

Le **contreventement *longitudinal*** est obtenu en disposant des voiles dans **les plans des façades et des refends longitudinaux**. En général, ces voiles ne sont prévus que dans certaines travées. A cause du retrait et de la dilatation, il est plus intéressant de disposer **les voiles de contreventement dans des travées voisines du centre des bâtiments** qu'à une extrémité (éviter surtout de les prévoir aux deux extrémités).



(a) pan rigide au milieu de la longueur du bâtiment



(b) pans rigides aux deux extrémités du bâtiment

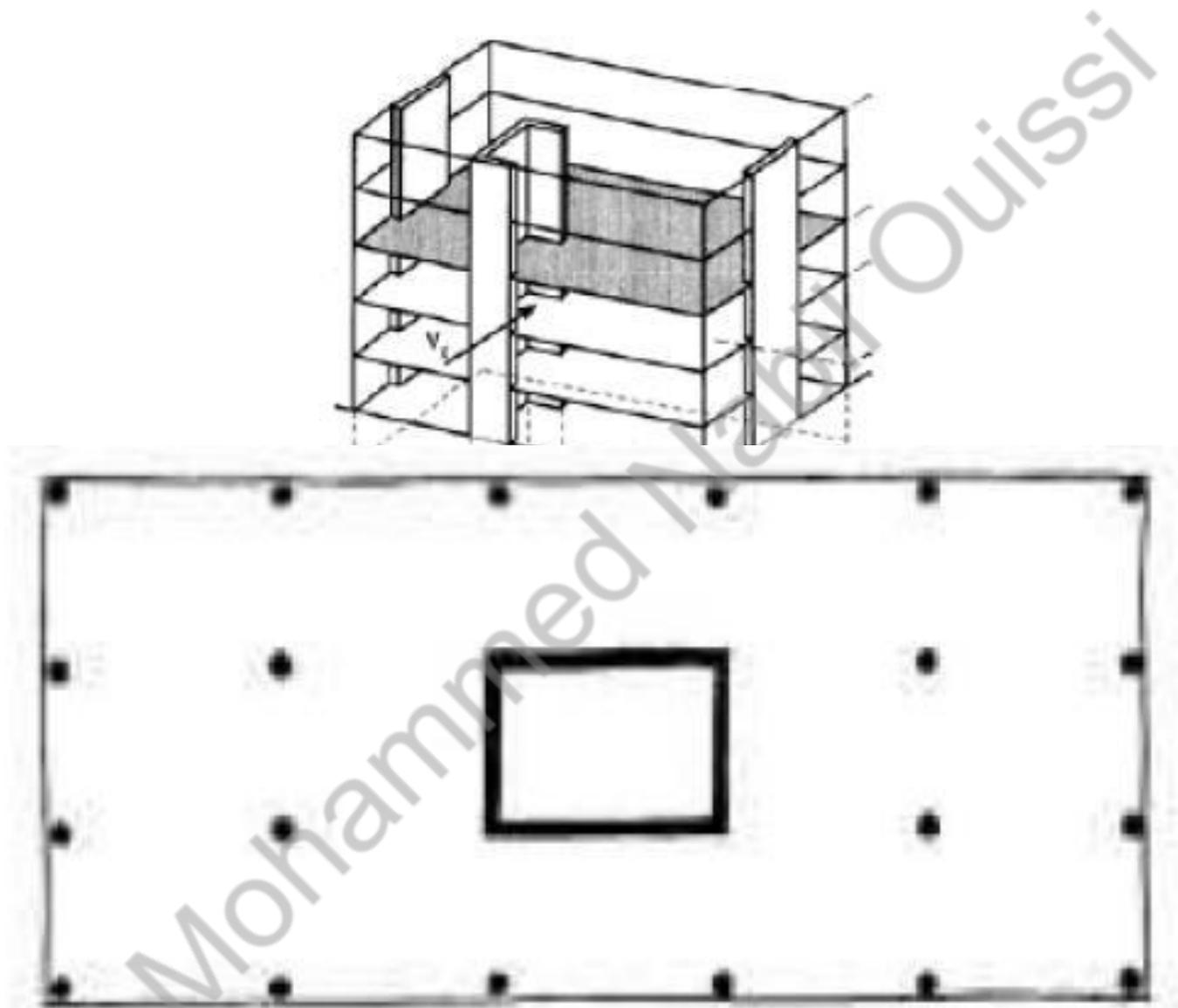
La solution (b) est très défavorable vis-à-vis des effets de variations dimensionnelles

Contreventement longitudinal d'un bâtiment

- Contreventement par noyau externe (de stabilité)

La **stabilité** des bâtiments de grande hauteur est très souvent assurée par un ouvrage situé en **partie centrale**, constitué par des **parois verticales**, en **voiles de béton armé**, disposées suivant des plans orthogonaux, et par **les planchers**. Cet ensemble trouve le plus souvent sa place dans la zone où sont rassemblées les circulations verticales (ascenseurs et escaliers de secours) et des locaux annexes ne recevant pas la lumière naturelle (salles de bains, toilettes, vestiaires, archives, etc.).

Cet élément s'appelle un **noyau**. En plus d'assurer la transmission des charges verticales, il assure à lui seul la stabilité horizontale en s'opposant aux efforts horizontaux du vent et du séisme. **Les autres éléments verticaux (linéaires) ne servent qu'à reprendre les charges verticales.**



Contreventement par noyau

- **Modes de rupture des voiles:**

Le terme de voile regroupe des éléments de structure au comportement mécanique très divers. Cependant, on peut considérer que les principaux paramètres ayant une influence prépondérante sur le comportement d'un voile sont les suivants :

- **L'élanement**, défini comme le rapport de la hauteur par la largeur du voile, h/l
- **La disposition et le pourcentage des armatures.**
- **L'intensité de l'effort normal.**

Donc du point de vue de leur fonctionnement il convient de faire la distinction entre les voiles élancés ($h/l > 2$) et les voiles courts ($h/l < 2$).

- Modes de rupture des voiles élancés:

- Ruptures en flexion :

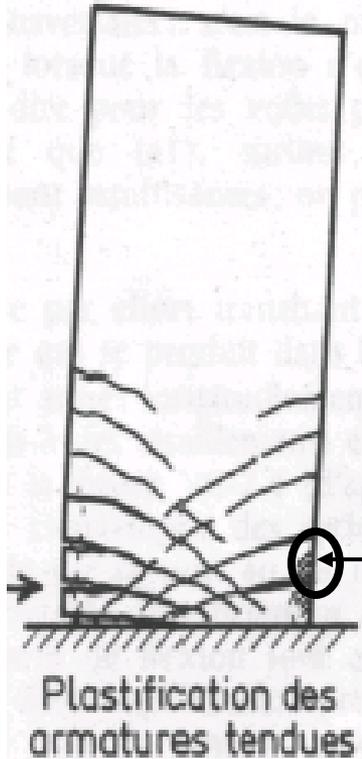
On observe ce mode de ruine dans les voiles très élancés soumis à un effort normal de compression et à un cisaillement modéré.

- Mode F1 : rupture par plastification des armatures verticales tendues et écrasement du béton comprimé.

ce schéma correspond à la formation d'une rotule plastique dans la partie inférieure du voile avec une importante dissipation d'énergie.

On observe ce mode de ruine dans les voiles très élancés, soumis à un effort normal de compression faible et à un cisaillement modéré.

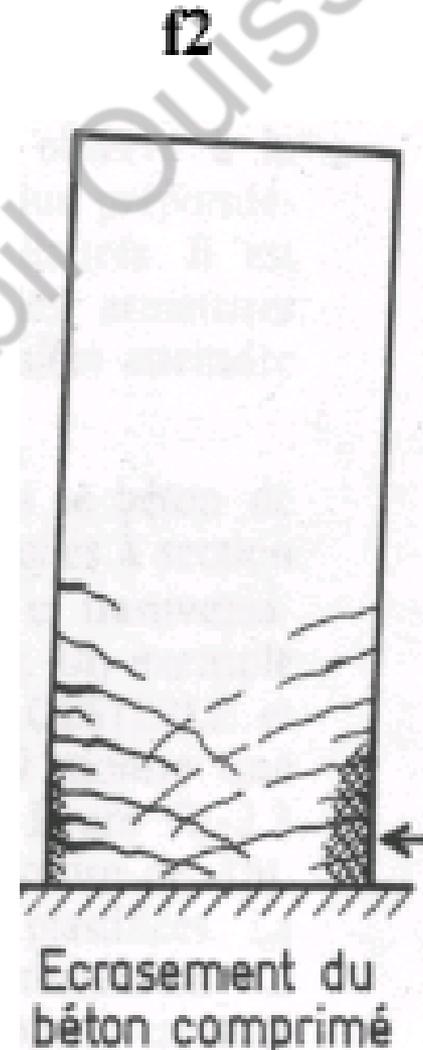
f1



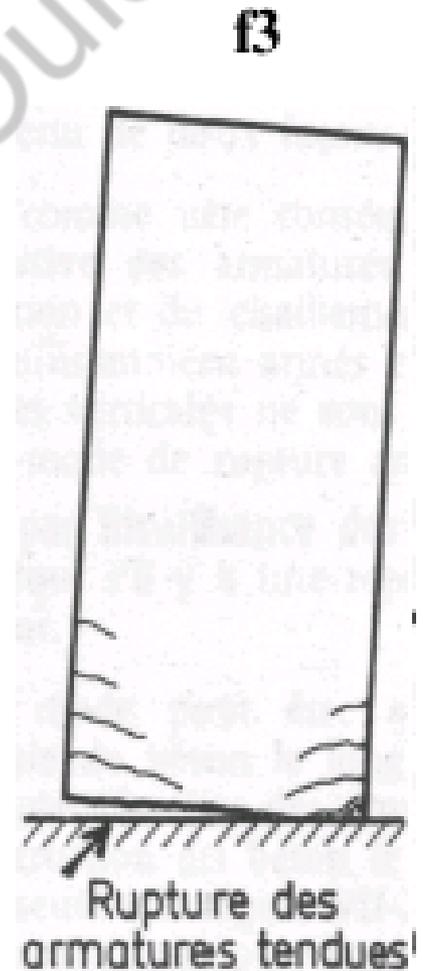
Écrasement du béton comprimé et formation d'une rotule plastique.

Pr Mohammed Nabil Ouissi

- **Mode F2** : Rupture par écrasement du béton, rencontré dans les voiles assez fortement armés soumis à un effort normal important.

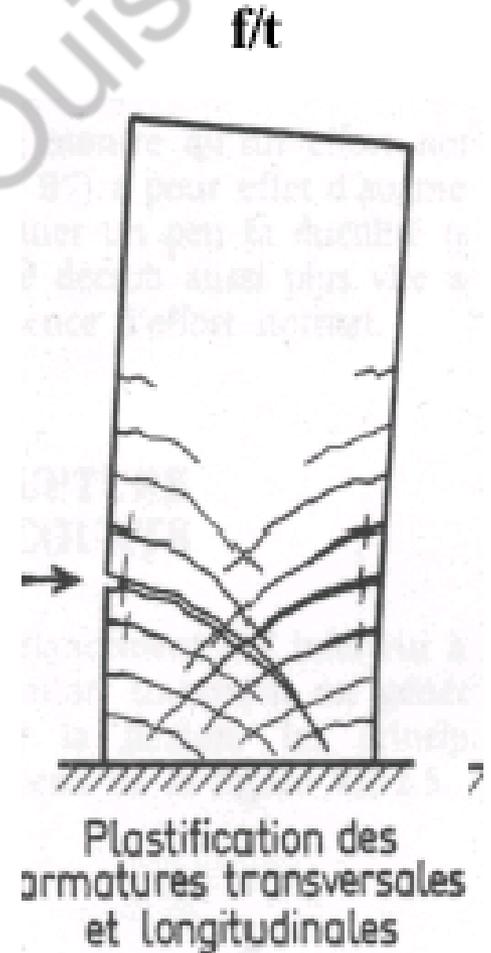


- **Mode F3** : Rupture fragile par ruptures des armatures verticales tendues, rencontré dans les voiles faiblement armés, lorsque les armatures verticales sont essentiellement réparties et non concentrées aux extrémités.



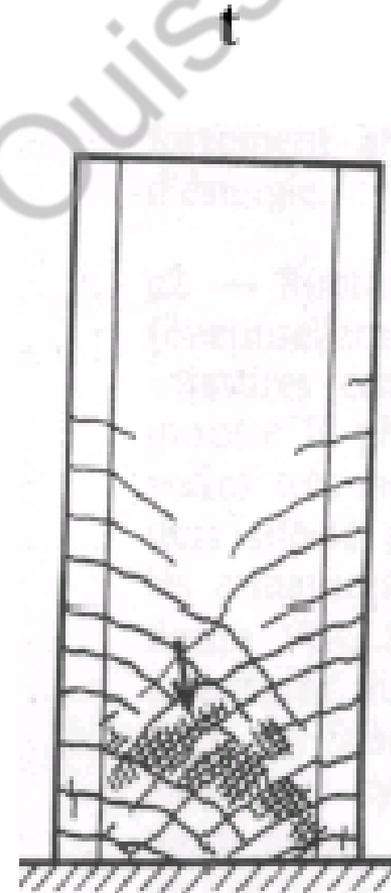
- **Mode F/T (Rupture en flexion-effort tranchant) :**

Rupture par plastification des armatures verticales de flexion et des armatures transversales, rencontré dans les voiles moyennement élancés où la flexion n'est plus prépondérante et où les armatures horizontales sont insuffisantes.



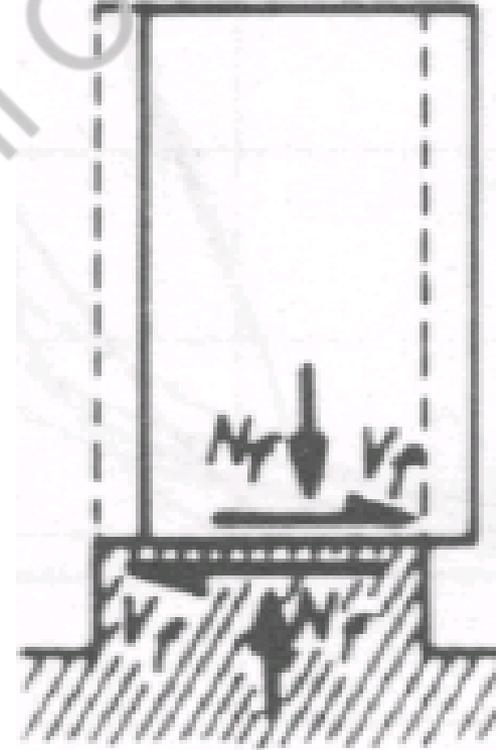
- **Mode T : (Rupture par effort tranchant)**

Rupture des bielles de compression développés dans l'âme du voile, rencontré dans les voiles munis de raidisseurs, fortement armés longitudinalement et transversalement et soumis à des cisaillements élevés.



Rupture du
béton de l'âme

- **Mode G** : Rupture par glissement au niveau des reprises de bétonnage. Ce type de rupture peut apparaître lorsque les armatures verticales réparties sont insuffisantes, la qualité des reprises de bétonnage est mauvaise et la valeur de l'effort normal est faible.

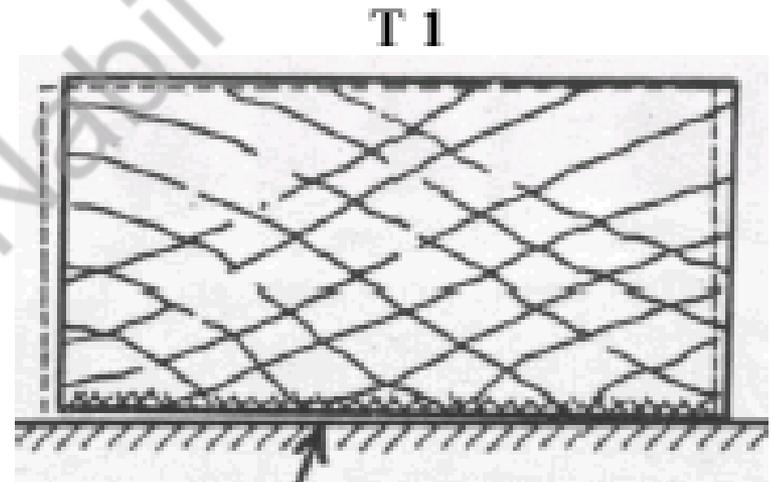


- Mode de rupture des voiles courts :

courts :

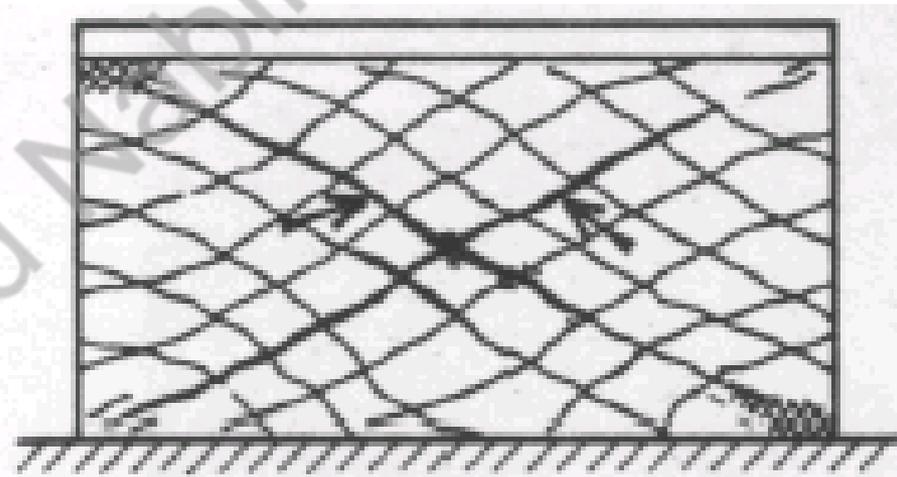
Dans ce cas l'effort tranchant est prépondérant sur la flexion.

- **Mode T1**: rupture par glissement à l'encastrement. Ce mode de rupture, conséquence de la plastification progressive des armatures verticales est accompagné d'importants glissements qui réduisent d'une façon significative la raideur.



T 2

- **Mode T2** : rupture diagonale avec plastification ou rupture des armatures le long des fissures diagonales, rencontré dans les voiles moyennement armés sollicités par un faible effort normal.



T3

- **Mode T3** : rupture par écrasement du béton de l'âme, à la base des bielles transmettant les efforts de compression.

