

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

PATHOLOGIE DES CONSTRUCTIONS

GCL 566

Responsable: Dr. GHOMARI Fouad

Chap. 6. PATHOLOGIE DES MACONNERIES.

6.1. Introduction.

Une maçonnerie est un empilage de blocs (pierre, terre cuite, béton, etc.), bien liés entre eux par du mortier et souvent couverte d'un enduit. Ainsi, on marie des matériaux de natures différentes qui se comportent de manière différente et l'on souhaite en faire un assemblage homogène qui vieillira durablement.

Cet art de construire, le plus ancien qui soit, approprié à la main d'œuvre artisanale a traversé plusieurs siècles grâce à l'utilisation de matériaux lourds et inertes. Il n'en n'est plus de même aujourd'hui :

- Les blocs creux sont légers mais de faible résistance,
- Les blocs de béton sont poreux et font du retrait,
- Les pierres sont mises en œuvre dès leur extraction, encore humides,
- Les briques creuses gonflent,
- Les joints "grillent" au contact des blocs très absorbants,
- Les enduits font trop de retrait,

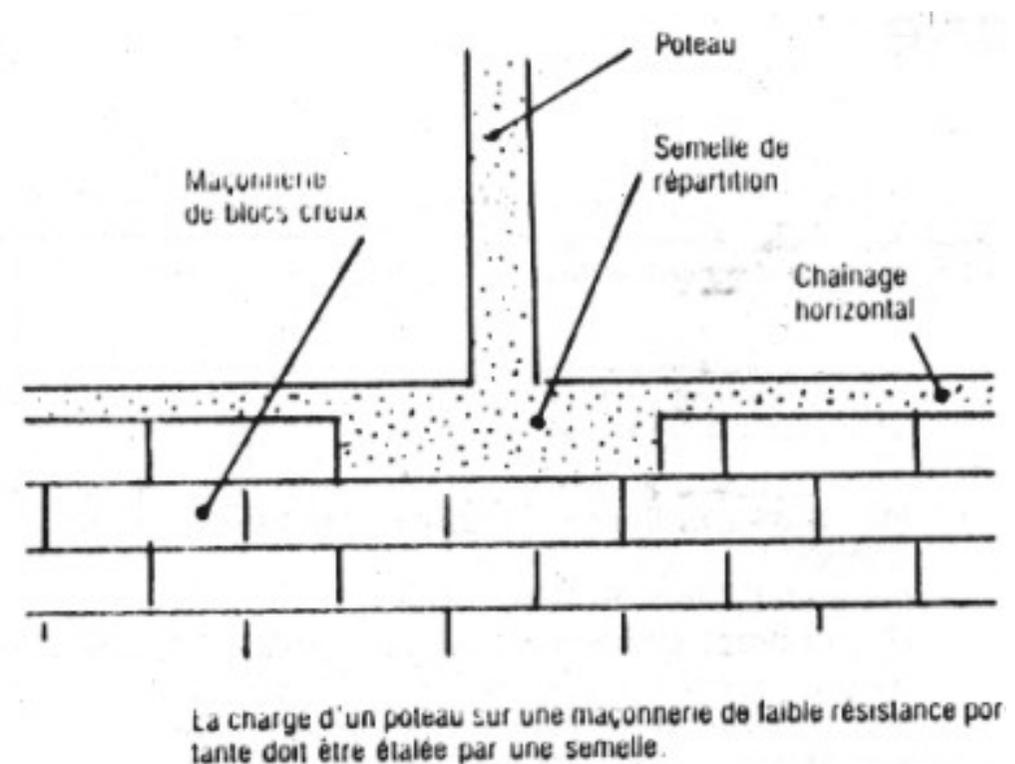
6.2. Erreurs de conception et de choix des matériaux

a- Résistance insuffisante aux efforts :

La maçonnerie –ensemble hétérogène- doit résister, suivant sa fonction, à des charges verticales (planchers, murs du dessus, toiture), à des poussées horizontales (vent, terre, matériaux stockés) et à des efforts tangents (contreventement).

i., Charges verticales :

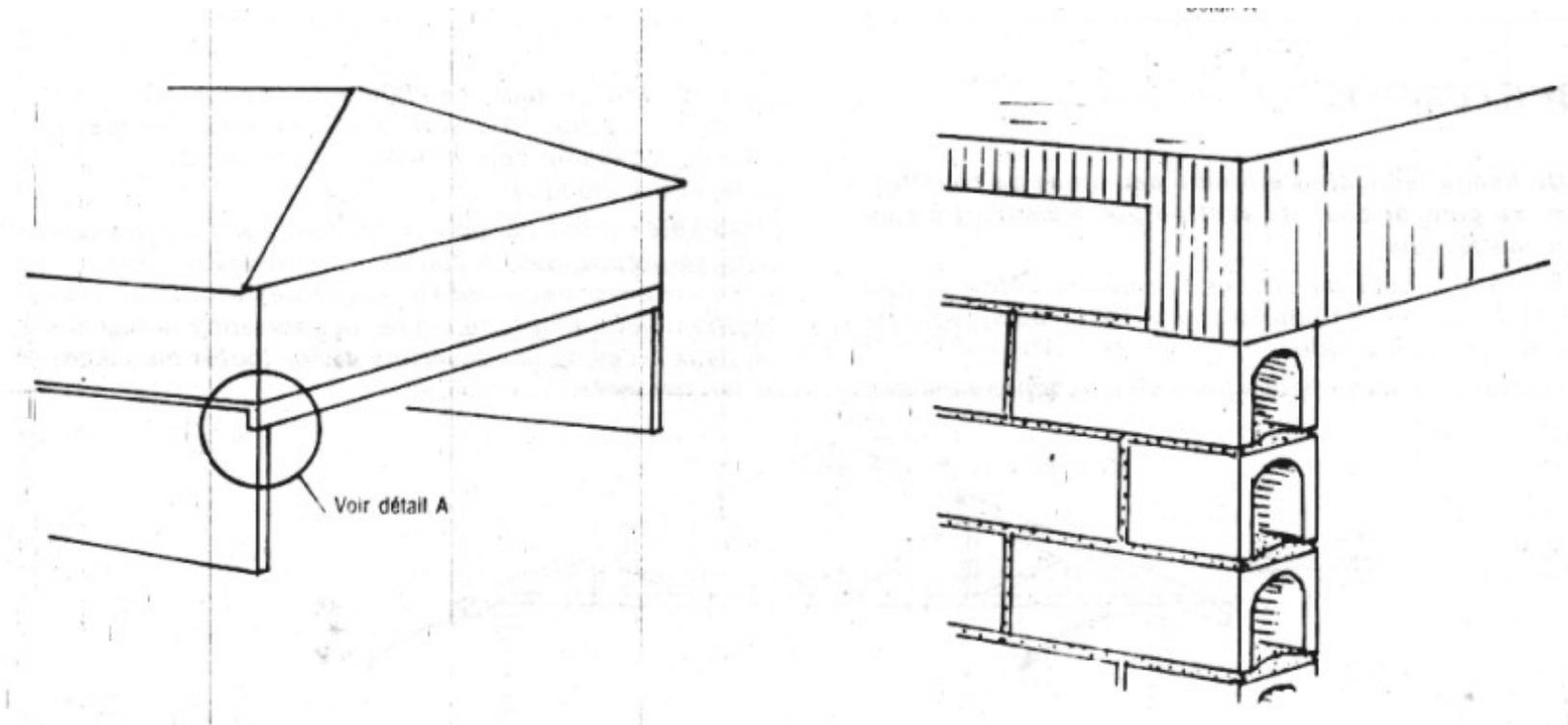
Une maçonnerie en blocs creux n'est pas apte à servir d'appui à une grosse poutre, surtout en extrémité car l'étalement n'y est pas possible.



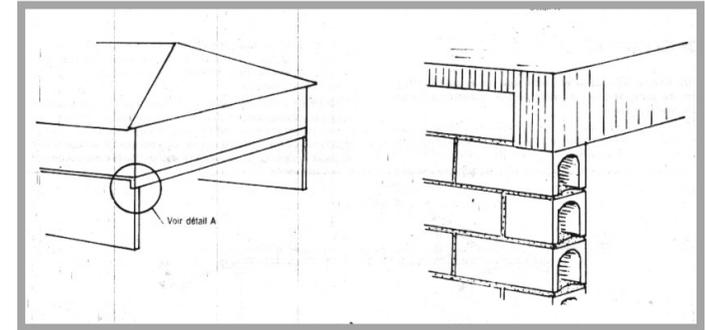
Exemple 1 :

Un bâtiment scolaire s'effondre partiellement en cours de construction par écrasement de la maçonnerie.

S'agissant d'un bâtiment à deux niveaux et 9,0 mètres de large, prolongé d'un autre bâtiment à Rez-de-chaussée de même largeur, l'architecte avait prévu un joint de retrait -tassement- entre les deux édifices.



Le plancher d'étage portait de façade à façade et une poutre plus raide est contiguë au joint, du côté des deux niveaux, pour porter le mur pignon de l'étage et la croupe de la toiture.



Tous les murs étaient en blocs creux de béton de 20 cm d'épaisseur. La toiture n'était même pas encore posée quand le pignon s'effondra avec sa poutre porteuse, entraînant dans sa chute une partie du plancher et des façades. Par bonheur, L'accident survint la nuit et ne fit aucune victime.

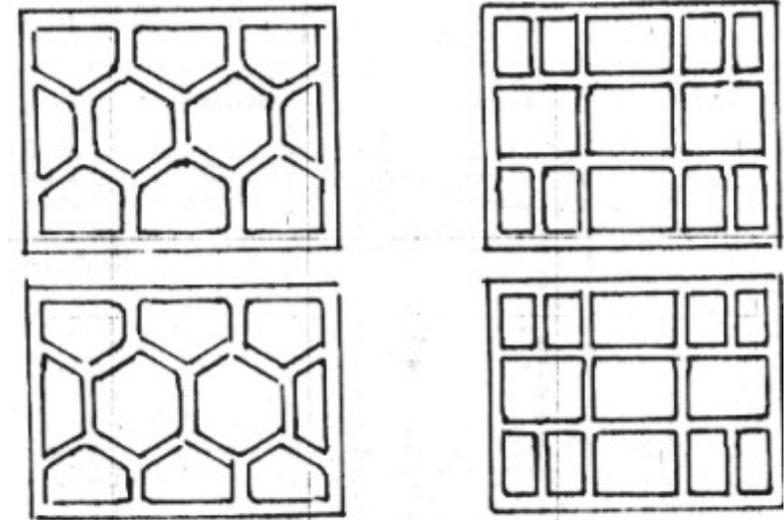
Causes : la charge concentrée appliquée par les deux extrémités de la poutre, directement sur les parpaings, y avait développé des contraintes atteignant la valeur de rupture.

Moralité: Il est dangereux d'appliquer une charge concentrée sur une maçonnerie formée d'éléments creux peu résistants. On doit dans ce cas :

- Soit interposer une semelle de répartition si la maçonnerie règne de part et d'autre,
- Soit réaliser un poteau qui reportera la charge plus bas, sur un élément capable de la supporter sans risque (poutre, dalle, fondation).

A cet effet, le coefficient de sécurité de la maçonnerie doit être d'autant plus élevé que la structure de la maçonnerie est moins massive, car la présence de blocs défectueux est grave de conséquences.

Aussi, certaines briques creuses, spécialement étudiées pour améliorer l'isolation thermique sont à proscrire pour toute fonction porteuse.



Briques creuses à ne pas employer en murs porteurs :
(a) brique à voiles obliques,
(b) brique à voiles verticaux discontinus.

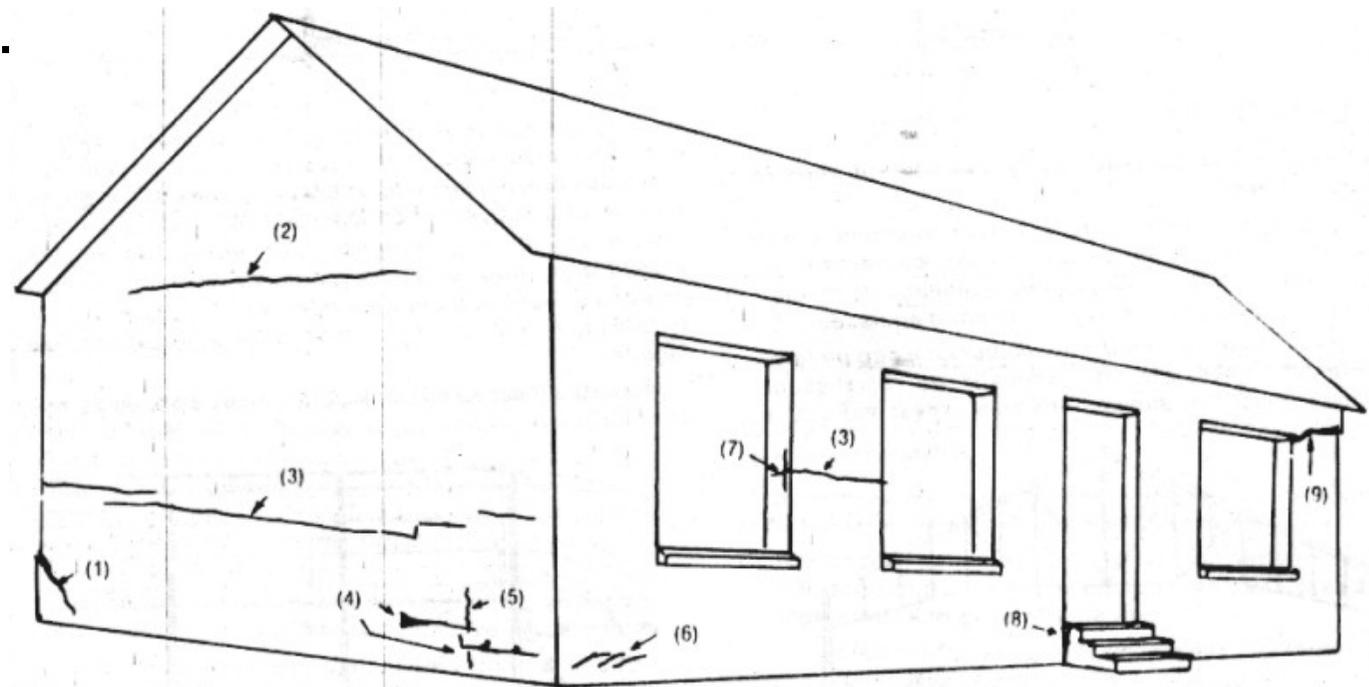
ii., Charges horizontales :

Si les piles en maçonnerie n'ont qu'une résistance faible, les murs en revanche résistent mieux aux poussées horizontales modérées. Les façades et pignons constituent de bons contreventements. Cependant, si l'effort horizontal est intense et s'exerce sur un élément faible (trumeau), il est souvent cause de fissuration.

Exemple 2 :

Un pavillon en briques creuses se fissure abondamment. Les causes en sont multiples.

Cet exemple met en exergue des cas réels de fissures assez caractéristiques.



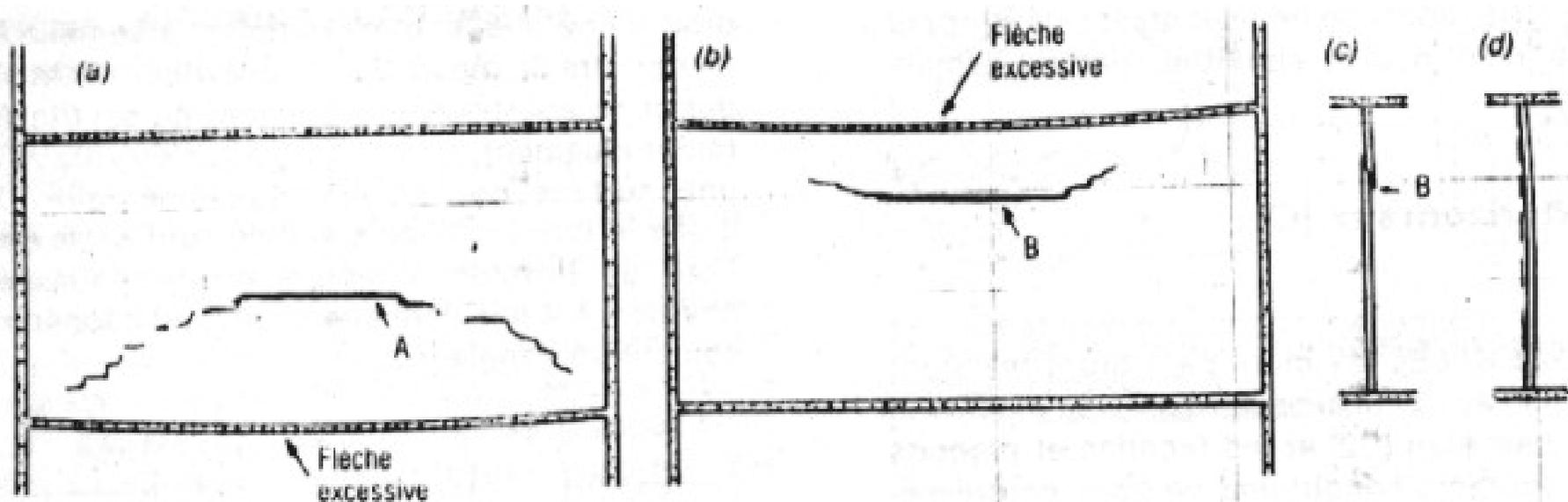
- (1) Tassement de fondation.
- (2) Mouvement différentiel du plancher des combles (chaud) et de la charpente (froide).
- (3) Reprises de maçonnerie mal faites.
- (4) Mauvaise qualité du jointoiement qui maintient mal l'enduit.
- (5) Coup de sabre dû à des briquettes fissurées verticalement.
- (6) Fissures de cisaillement entre briques gonflantes et plancher en béton coulé liquide, ayant fait beaucoup de retrait.
- (7) Fissures en tableau de fenêtre dues à la déformation de briques creuses ordinaires et au mauvais bourrage des vides avant enduisage.
- (8) Décollement de l'embranchement fondé sur remblai.
- (9) Pousée d'un arêtier de croupe de toiture, le mur étant mal chaîné en tête.

Les poussées horizontales perpendiculaires au plan du mur (vent) sont particulièrement dangereuses si le mur n'est pas suffisamment lourd, chargé et contreventé.

iii., Liaisons dangereuses :

Les cloisons montées sur une structure en béton armé peuvent mal supporter les étreintes de ce dernier dues au retrait et au fluage. C'est ainsi que :

- Une dalle qui fléchit au plafond prend appui sur la cloison sou-jacente et risque de l'écraser, soit par cisaillement des briquettes, soit par flambement d'ensemble. Le phénomène est aggravé si les briques, de leur côté, sont gonflantes,
- Le retrait du béton, couplé à un gonflement anormal de la terre cuite, peut provoquer des éclatements locaux du fait des mouvements différentiels.



Effet de la flexion des dalles de planchers sur une cloison plâtrière en briques creuses :

(a et b) vue de face et aspect des fissures, (c) coupe transversale :

A. fissure en voûte par affaissement de la base,
 B. fissure de cisaillement par écrasement sous la charge de la dalle supérieure ;

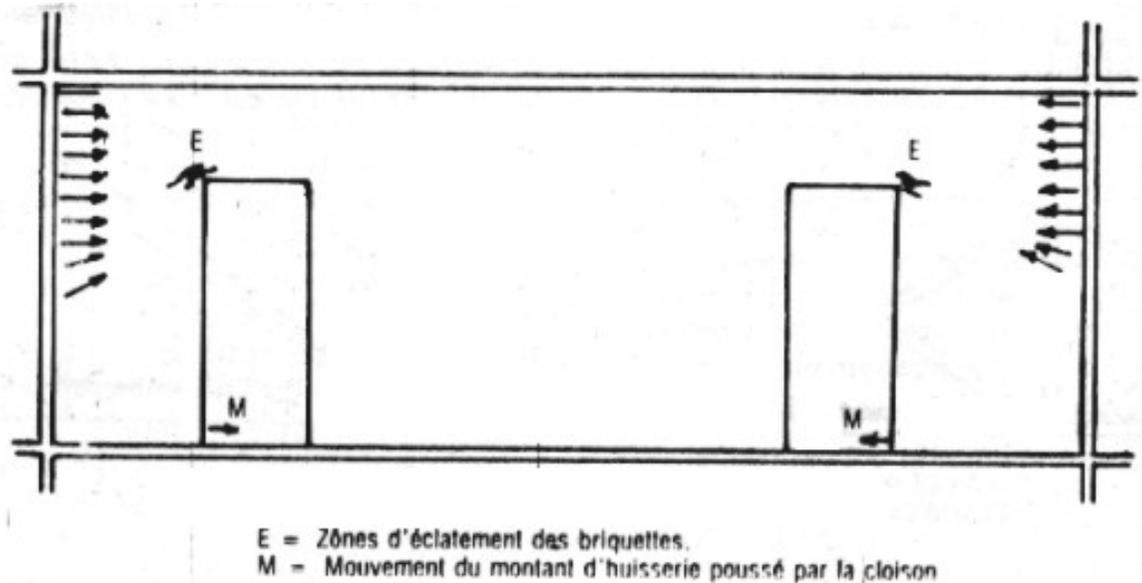
(d) ici, la cloison subit un bombement et menace d'éclater.

Exemple 3 :

Dans un ensemble d'immeubles, certaines cloisons se fissurent aux angles des portes.

Dans certaines travées de ces immeubles (RDC + 4), les cloisons parallèles aux façades présentaient le même désordre, du reste peu inquiétant mais quasi systématique : les briquettes éclataient à l'angle supérieur des portes, côté refends en béton armé.

L'ossature était mixte, à refends et poteaux porteurs et les refends étaient distants d'une dizaine de mètres. Les cloisons fissurées filaient de refend à



refend et étaient percées de deux ou trois portes.

Causes : l'effet conjugué du retrait du béton armé et du gonflement élevé de la brique mettait la cloison en compression horizontale dans son plan.

Cette compression est irrégulière : totale au dessus des linteaux de porte et nulle sur l'élévation des portes car ces ouvertures rendaient la déformation libre.

Les angles externes de porte subissaient parfois :

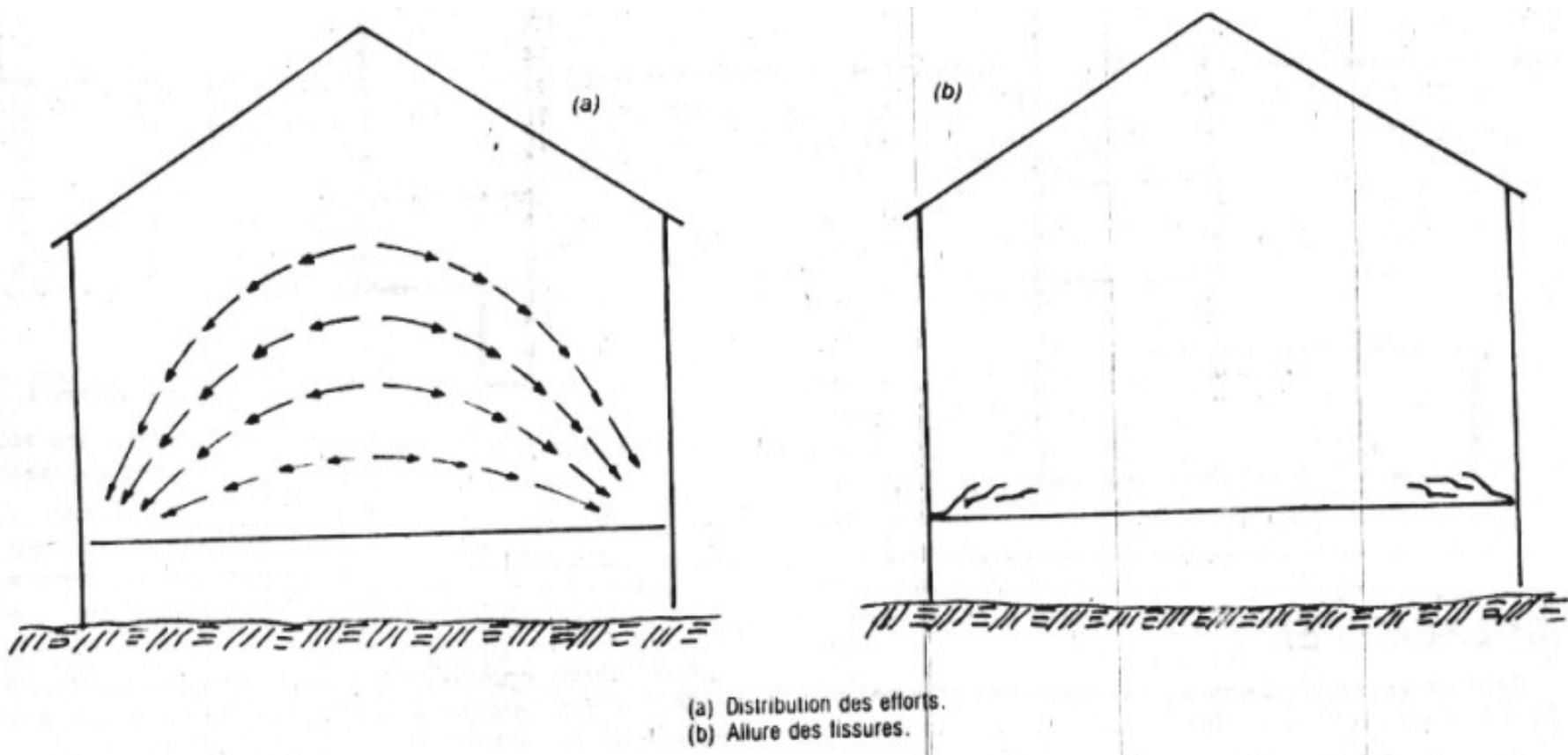
- Une concentration des contraintes horizontales,
- Des contraintes verticales complémentaires dues à la légère rotation de la tête du mur,
- Les éclatements apparaissaient sous la forme de boursouflures dans les briquettes et l'enduit.

Moralité : il est dangereux d'associer deux structures aux comportements opposés : la plus forte abîmera la plus faible.

Exemple 4 :

Des pavillons en maçonnerie de briques creuses, construits sur sous-sol en béton, se fissurent dans les angles, près du plancher bas.

Dans plusieurs lotissements construits à la même époque, la fissuration était systématique, plus ou moins prononcée, mais elle avait toujours la même allure : fissures obliques, montantes en s'éloignant de l'angle, situées en pignon et parfois aussi en façade, immédiatement au dessus du plancher bas de Rez de chaussée.



Causes : les fissures en dents de scie sont caractéristiques de cisaillement.

Des contraintes se développaient

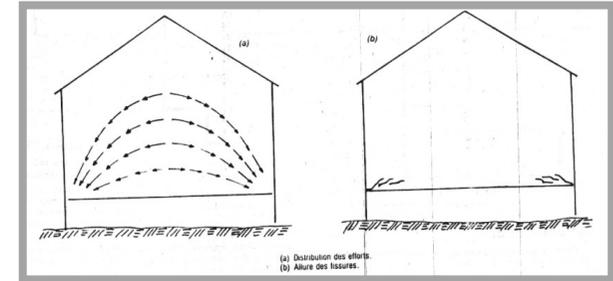
à la fois au niveau du plancher et des murs du sous-sol en béton, qui faisaient leur retrait et la maçonnerie dont les briques de mauvaise qualité gonflaient. Ces contraintes sont de deux natures :

- Traction sur le béton, qui les supporte sans peine grâce à ses armatures,
- Compression dans la brique creuse.

Ces contraintes se diffusent dans les murs pignons, et se concentrent obliquement en angle sous la forme d'une voûte. Cet effet provoque des contraintes tangentielles dans les briques d'angle qui ne pouvaient les supporter.

Pourquoi les façades étaient-elles fissurées ?

Probablement parce que le plancher formé de poutrelles transversales et d'une dalle mince sur entrevous, était moins raide dans ce sens.



6.3. Mauvaise qualité des matériaux

Les qualités exigées des matériaux à mettre en œuvre dans une maçonnerie sont :

- Une bonne stabilité dimensionnelle,
- Une résistance en fonction des efforts supportés,
- Une bonne qualité d'isolation thermique et phonique quand de besoin.

a- Instabilité dimensionnelle :

i., Retrait des blocs en béton:

Quand des blocs frais et anciens sont montés dans un même ouvrage, le retrait plus accentué des blocs frais entraîne une fissuration suivant leurs joints de pourtour.

Les blocs doivent être stockés, à l'abri du soleil et de la pluie, trois à quatre semaines avant leur mise en œuvre

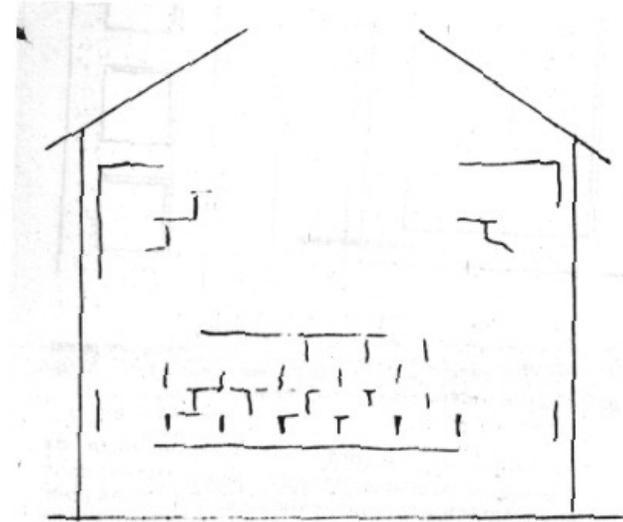
ii., Résistance insuffisante :

Les joints verticaux n'ont pas de résistance à la traction. Les efforts horizontaux sont transmis en "zig zag"

à travers les blocs grâce aux joints croisés. Si les blocs sont fissurés, ces efforts ne se transmettent plus ; la fissure s'ouvre et s'allonge souvent en suivant les joints.

iii., Isolation :

Pour la résistance thermique, cette qualité n'est guère suffisante par elle-même vu les exigences des normes actuelles. Néanmoins, l'avantage des éléments creux est leur prix modique et leur légèreté.

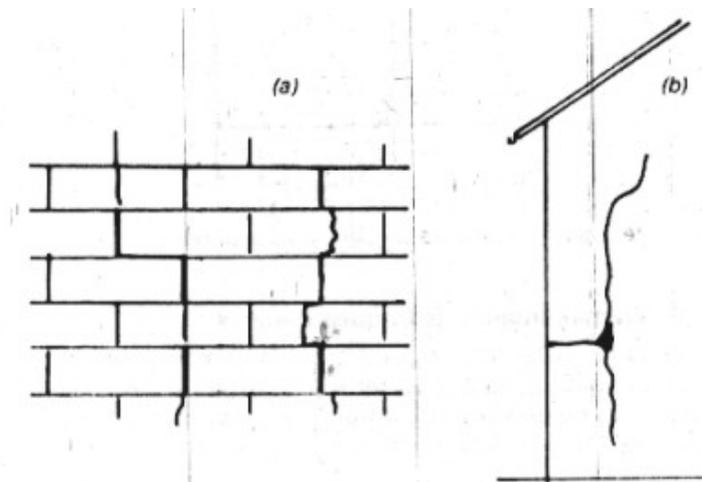


Fissuration caractéristique de blocs de béton mis en œuvre trop frais pour certains d'entre eux.

Quant à l'isolation phonique, cette dernière est obtenue par un mur sans fissures dans les blocs comme dans les joints. La qualité à la fois des matériaux et de la mise en œuvre en est la garante.

6.4. Défauts de mise en œuvre

*Les blocs doivent être **sains*** : toute fissure verticale d'un bloc formerait avec les joints des lits de mortier supérieur et inférieur un coup de sabre affaiblissant la résistance aux tractions horizontales.



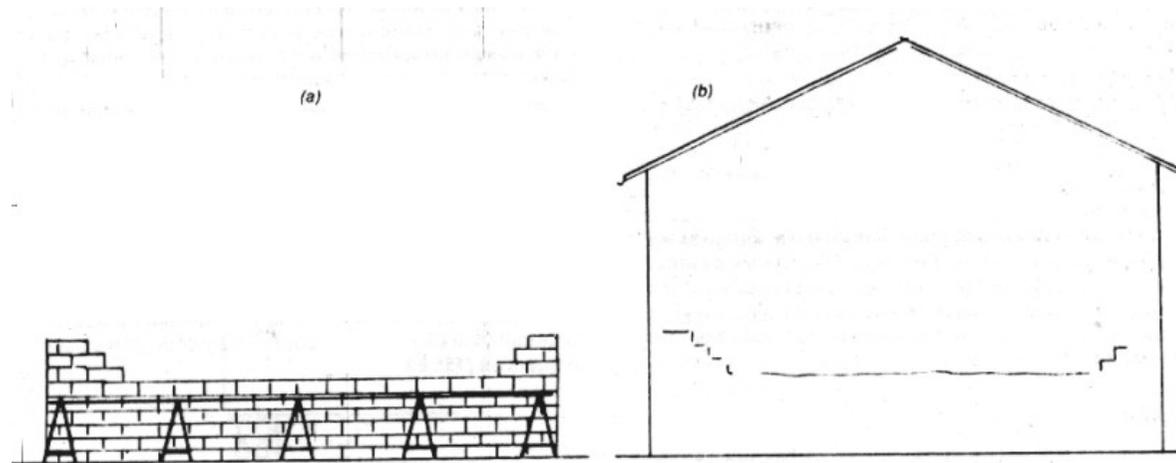
Danger des blocs fissurés.

- (a) Coups de sabre dus à la continuité entre joints verticaux et fissures
(b) Exemple de fissuration résultante.

Aussi, les blocs doivent être **mouillés** au moment de la pose.

Le mortier doit avoir une résistance en rapport avec les blocs. La nature du ciment et son dosage sont choisis en conséquence. L'**homogénéité** des constituants du mortier est exigée.

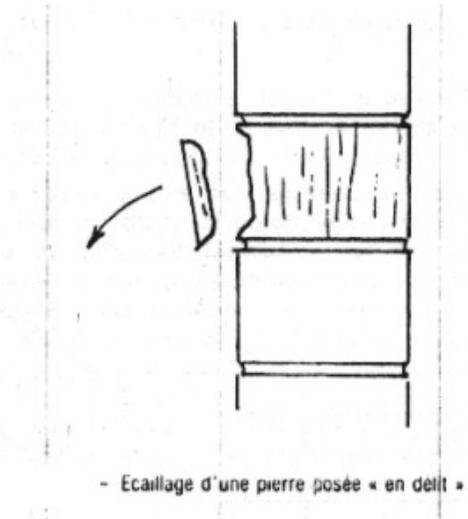
L'appareillage à joints verticaux croisés est évidemment de rigueur. Souvent, le joint horizontal qui se trouve vers 1,30m de haut est à l'origine de fissuration. Il s'agit de reprise de maçonnerie due au temps pris par la mise en place de l'échafaudage.



Fissuration fréquente due à un défaut de montage

(a) Arrêt du travail pour pose du plateau d'échafaudage.
(b) Fissuration de l'ouvrage fini

En maçonnerie de pierre, il est recommandé de poser les pierres dans le sens de leur orientation originale en carrière surtout s'il s'agit de calcaire tendre ou de shists. Si ces derniers sont posés en délit, ils risquent de se dégrader rapidement par écaillage progressif.



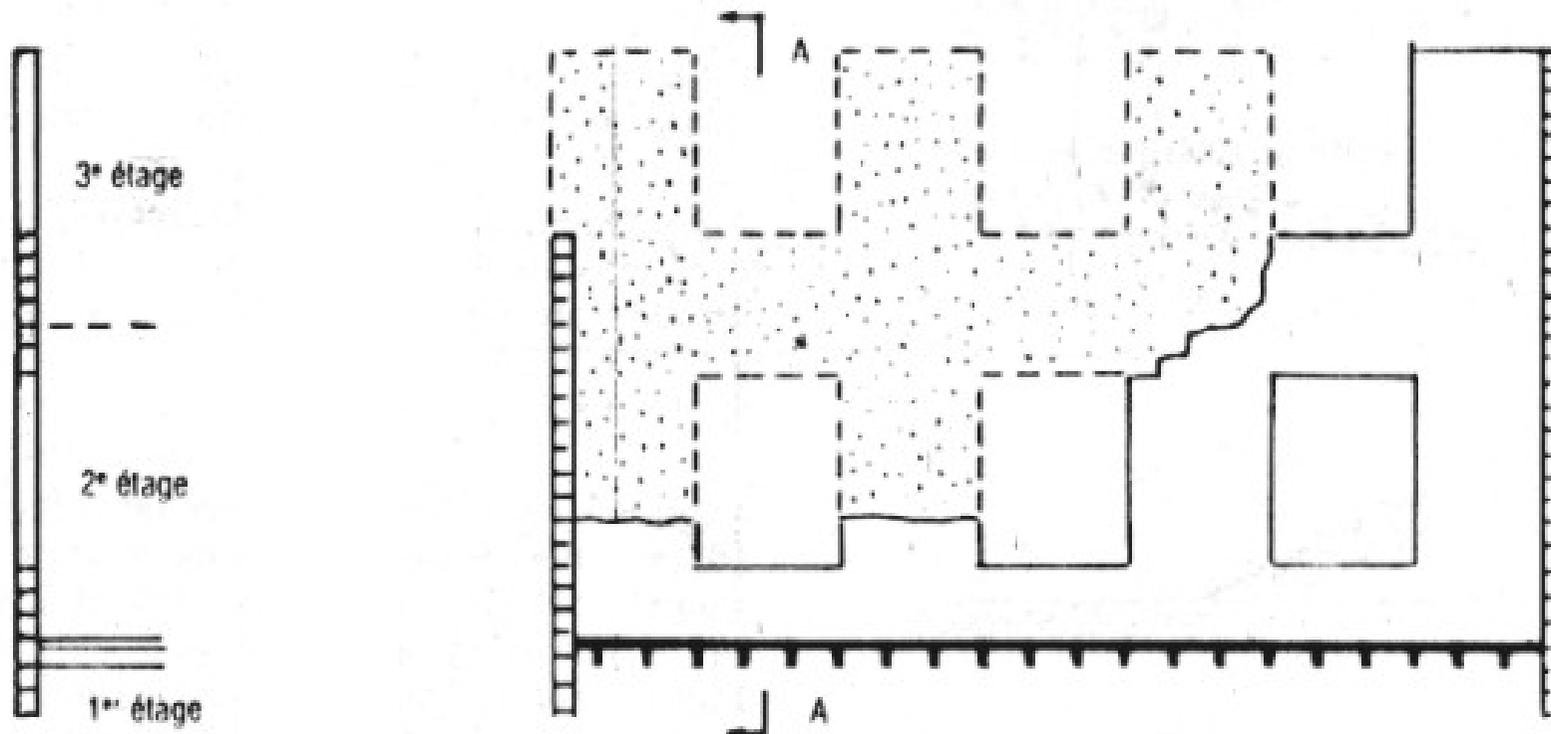
L'ouvrage en cours d'édification a une forme en perpétuelle évolution. Dans chacune des phases, il doit être stable, sous peines de désordres plus ou moins graves. Le maçon l'oublie parfois à ses dépens.

Exemple 5 :

Un pan de façade pourtant construit en moellons de 50 cm d'épaisseur, est renversé par le vent.

Les plans du plancher haut du deuxième étage n'étaient pas encore prêts quand le maçon arriva à son niveau. Pour gagner du temps, il poursuivit son œuvre en réservant les empochements des solives et décida de monter le mur jusqu'au plancher suivant.

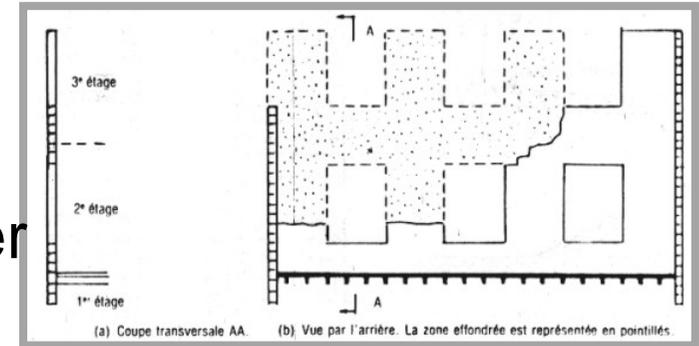
Il en était au niveau des linteaux, quand, une nuit, le vent souffla avec violence et le mur s'effondra en partie.



(a) Coupe transversale AA.

(b) Vue par l'arrière. La zone effondrée est représentée en pointillés.

Le renversement se produit autour d'un point horizontal situé vers 1.30 m au-dessus du plancher haut du premier niveau.



On sait que ce joint est souvent plus faible que les autres. Toutefois, une zone d'extrémité resta debout : elle était épaulée par un refend que l'on avait réalisé en même temps.

Causes : ce mur, monté sur la hauteur de deux étages sans être buté par un plancher, et dont le mortier était encore jeune, n'était pas stable sous la poussée d'un vent violent et cela malgré son épaisseur. La rotation de déversement se fait selon deux sections de moindre résistance :

A gauche : un joint horizontal où l'adhérence était plus faible,

A droite : pour se détacher de l'extrémité contreventée, la section la plus courte entre deux angles de baies.

Moralité : par suite de turbulences, il est prudent de considérer que la poussée du vent sur un mur percé de baies est pratiquement la même que sur le mur était plein.

6.5. Vieillessement

a., Action de l'eau :

Les infiltrations durant la vie de l'ouvrage peuvent cause des sinistres (ex. fuite de châteaux ou de descentes pluviales, fuite de canalisation intérieure, sanitaire ou de chauffage, fuite en terrasse),

Dissolution lente de la chaux présente dans les blocs de ciment et le mortier de jointement et la perte de résistance qui en découle,

Amenée des sels agressifs (nitrates, sulfates), lesquels attaquent le ciment durci,

L'eau est par conséquent responsable du vieillissement de la maçonnerie par désagrégation lente de ses joints, décohésion en parement et écaillage progressif.

b., Fissures et déformations :

Les fissures représentent l'aspect le plus fréquent des désordres. Les causes responsables de ces désordres peuvent être nombreuses et souvent elles se superposent ; chacune à elle seule est insuffisante pour provoquer le désordre.

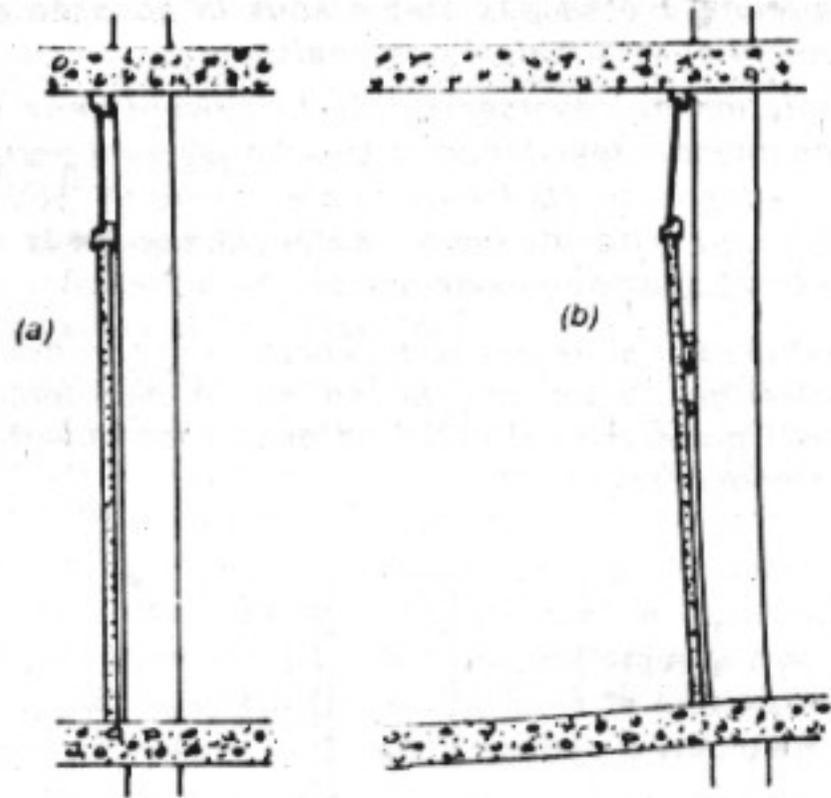
Une vibration, un choc peut être l'action supplémentaire qui le déclenche.

Exemple 6 :

Dans un groupe scolaire, l'ouverture progressive d'une fissure entre poteau et cloison accolée révèle que la cloison s'écarte lentement du poteau. Elle est poussée par les gravas.

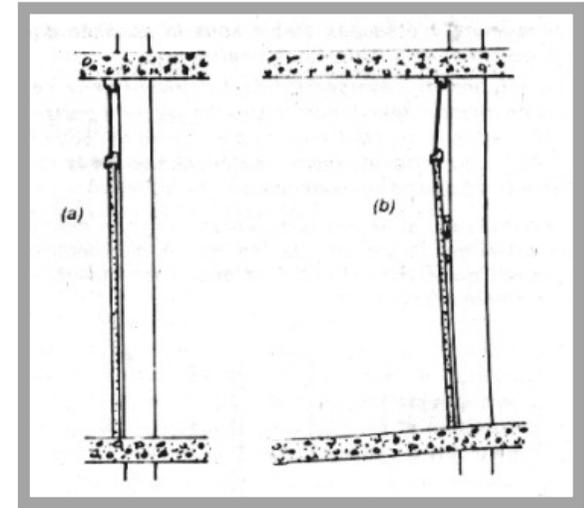
Les planchers de groupes scolaires sont d'assez grande portée et souvent assez souples. L'une des grandes classes de cours fut un jour choisie pour servir de salle de bal pour les élèves.

Peu à peu, la cloison qui la séparait du couloir subit un lent déversement, comme le montrait l'ouverture progressive du joint entre elle et le poteau voisin, ouverture qui naissait aux deux extrémités et présentait son amplitude maximale vers la mi-hauteur.



Causes : la cloison, qui avait sa porte supérieure vitrée, n'était évidemment pas mise en compression entre les planchers et on ne pouvait évoquer un phénomène de flambement. Le plancher bas ne montrait aucune déformation anormale qui put engendrer une rotation du pied de la cloison.

Il y avait donc poussée horizontale, et cette poussée s'expliquait par les gravas qui, coincés depuis l'origine entre poteau et cloison, descendaient peu à peu : la charge supportée par le plancher lorsque les participants au bal étaient



particulièrement nombreux, le faisait fléchir, et à cet effort statique s'ajoutaient des flexions dynamiques causées par les danses rythmées.

La cloison, reposant sur le plancher, suivait le mouvement et vibrait. Alternativement, vibration et fléchissement faisaient descendre les gravas et une fois le plancher déchargé, les gravas empêchaient la cloison de se remettre complètement en place, lui imposant une déformation infime mais permanente qui facilitait une nouvelle descente des gravas la fois suivante.

6.6. Conclusion

Le maçon fera un ouvrage dont la qualité dépendra de sa compétence. Bien des sinistres sont causés par des phénomènes étrangers à la maçonnerie ; on ne doit pas accuser à priori le maçon.

Seulement, on découvre bien souvent que l'exécution n'était pas irréprochable, et que ses défauts ont aggravé sinon déclenché le sinistre.

De tout sinistre de maçonnerie, le maçon sort rarement innocenté.