

COURS 6

VI- La maitrise de l'acoustique

- **La réduction du bruit**, l'intimité acoustique et de bonnes conditions d'audition sont des qualités recherchées dans presque tout bâtiment.
- Pour réduire le bruit à l'intérieur d'un bâtiment, on en conçoit les murs extérieurs de manière telle qu'ils ne laissent pas passer le bruit extérieur.
- De même, on s'efforce de rendre le plus **silencieuses possible les composantes** d'un bâtiment susceptibles d'être bruyantes.

- On utilise également des isolants acoustiques dans les pièces d'un bâtiment pour réduire le niveau sonore résultant **des conversations et des appareils mécaniques**.
- Quant à **l'intimité acoustique**, on l'obtient grâce à la conception **de portes intérieures, de cloisons, de planchers et de canalisations** qui réduisent au minimum **la transmission** des sons entre les pièces.
- Pour assurer de bonnes conditions d'audition, on réduit le bruit et on prévoit une combinaison et une configuration optimales de surfaces absorbantes et réfléchissantes dans chaque pièce.

- S'il est souvent préférable de collaborer avec **un consultant spécialisé** afin que le futur bâtiment ait **de bonnes qualités acoustiques**, il n'en demeure pas moins que de nombreux problèmes simples en matière de bruit, d'audition et d'intimité acoustique peuvent être résolus au moyen des quatre détails prototypes suivants:

- a) La cloison souple, lourde et étanche à l'air**
- b) Le revêtement souple de plancher**
- c) Les produits amortissant les sons**
- d) Les surfaces insonorisantes**

a) La cloison souple, lourde et étanche à l'air

- La cloison insonore idéale est souple, lourde et étanche à l'air. Une tôle de plomb épaisse et suspendue, scellée sur son pourtour, satisfait à toutes ces exigences. Elle est cependant coûteuse et peu esthétique.
- Le degré de résistance à la transmission des sons qui caractérise une cloison est mesuré en décibels et correspond à son **indice de transmission du son (ITS)**.

Tableau 5.1 Critères d'isolation acoustique des murs d'un bâtiment résidentiel.

	Voisinage très tranquille	Voisinage moyen	Voisinage très bruyant
	ITS minimal	ITS minimal	ITS minimal
Entre des unités de logement			
D'une chambre à une chambre	55	52	48
D'un salon à un salon	55	52	48
D'une salle de bain à une chambre	59	56	52
D'une cuisine, d'une salle à manger ou d'une salle familiale à une chambre	58	55	52
Dans une unité de logement			
D'une chambre à une chambre	48	44	40
D'un salon à une chambre	50	46	42
D'une salle de bain à une chambre ou à un salon	52	48	45
D'une cuisine à une chambre	52	48	45

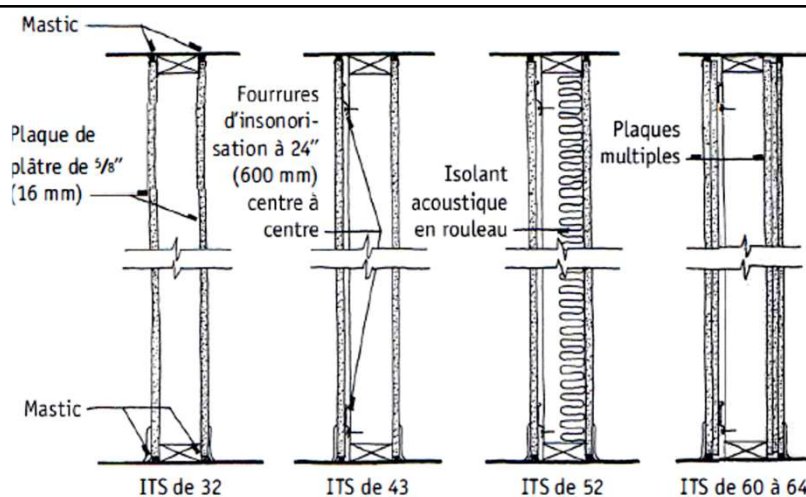
Source: Adaptation d'un document de l'Administration fédérale du logement des États-Unis, «Guide to Airborne, Impact, and Structure Borne Noise Control in Multifamily Dwellings».

Tableau 5.2 Critères d'isolation acoustique des murs d'un bâtiment non résidentiel.

Affectation de la pièce source	Affectation de la pièce réceptrice	ITS minimal
Bureau de direction, salle de conférence et cabinet médical	Bureau adjacent	50-55
Bureau ordinaire	Bureau adjacent	45-50
Laboratoire ou aire de fabrication	Bureau adjacent	40-45
Salle de classe	Salle de classe adjacente	50
Salle de classe	Corridor	45
Salle d'école de musique ou de théâtre	Salle de musique ou de théâtre adjacente	60
Salle mécanique	Toute autre pièce	50-60
Pièce intérieure occupée	Extérieur	35-60

Source: Adaptation d'un document de l'Institut américain des architectes, *Architectural Graphic Standards*, 10^e édition, Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, 2000.

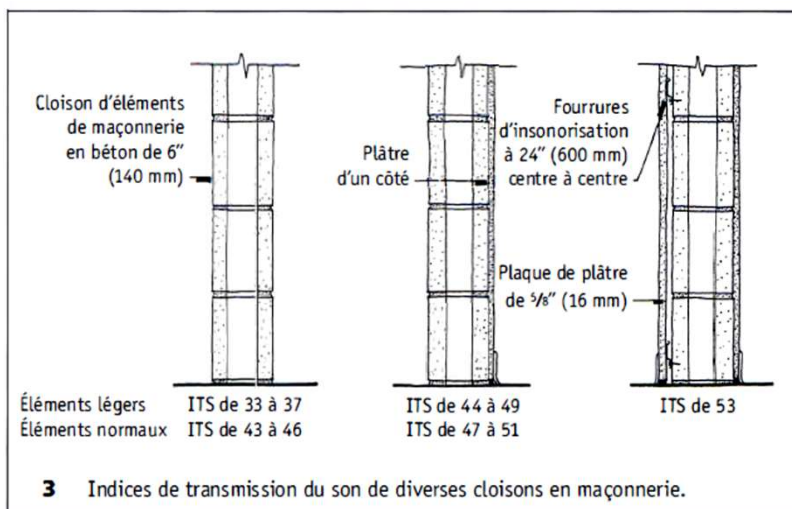
- Les cloisons à ossature à des fins d'intimité acoustique sont fabriquées avec des matériaux courants et peu coûteux, comme des plaques de plâtre et des poteaux de bois ou métalliques



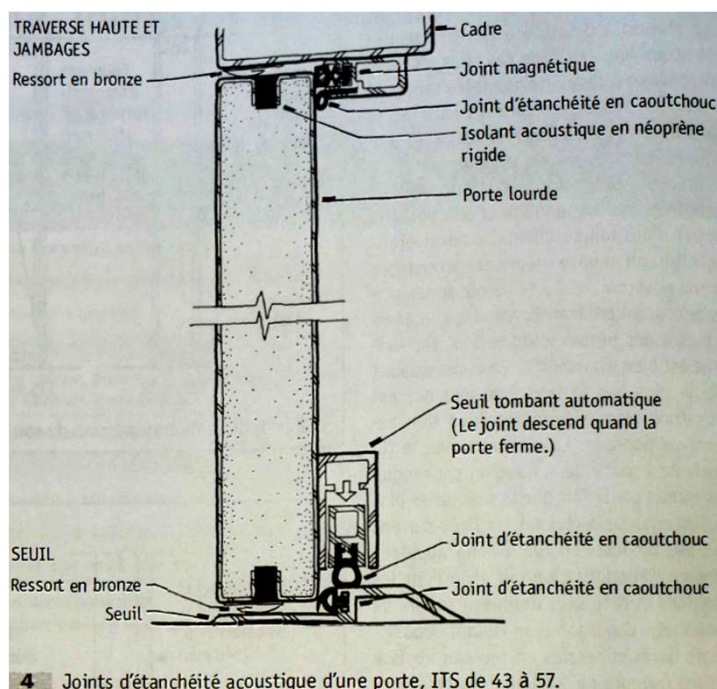
2 Indices de transmission du son de diverses cloisons à ossature.

- Pour rendre chaque cloison étanche à l'air, on applique un mastic acoustique sur son pourtour, on évite de poser des prises de courant qui transpercent le mur et on recourt à des portes lourdes dont l'assemblage est bien étanchéifié.

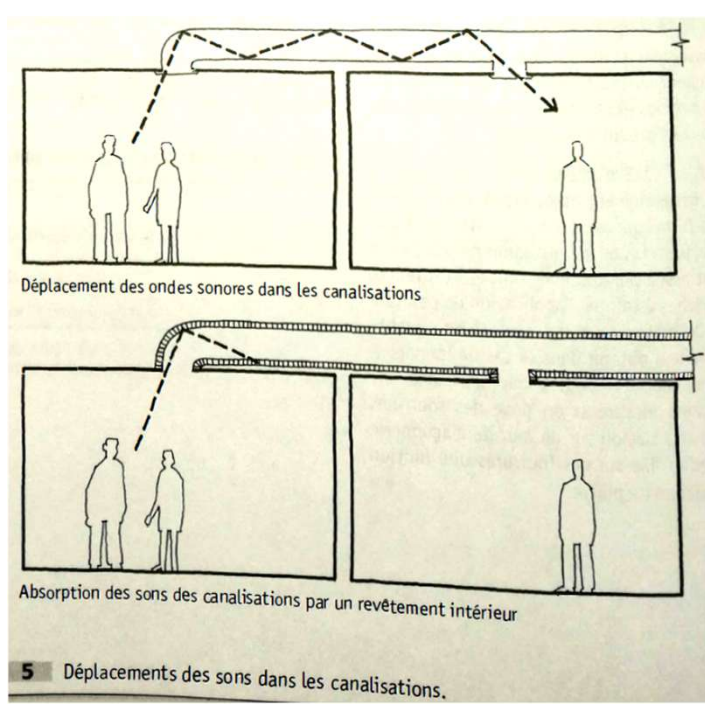
- L'ITS d'une cloison en maçonnerie est généralement assez élevé, étant donné que la maçonnerie est un matériau lourd.
- Quelques types de maçonnerie en béton sont assez poreux, mais on peut les rendre étanches à l'air par l'application de peinture ou de plâtre.



- Une ouverture dans une porte ou autour d'elle (un trou de serrure ou une grille de ventilation, une encoche dans le bas de la porte ou une fissure entre la porte et le cadre) peut rendre une cloison presque « transparente » au son.
- Détail typique d'étanchéité acoustique qui serve au scellement des ouvertures sur le pourtour d'une porte et qui sont facilement disponibles sur le marché. Étant donné leur détérioration à l'usage, les joints d'étanchéité sont conçus pour être faciles à remplacer



- Les canalisations doivent être disposées de façon à ne pas favoriser la transmission des sons d'une pièce à l'autre.
- Elles doivent être munies d'un revêtement intérieur absorbant les sons pour prévenir la propagation des ondes sonores.
- Le même principe s'applique aux caniveaux sous le plancher.



- Les fenêtres d'un bâtiment situé près d'un aéroport, d'une autoroute ou d'une grosse usine doivent souvent être le plus étanches que possible au passage du son.
- Une fenêtre composée de deux vitres séparées par un espace d'air et bien scellée au pourtour se caractérise par une masse, une étanchéité à l'air et a **une insonorisation moyenne**.
- La même qualité d'isolation acoustique peut être obtenue avec **une vitre simple en verre feuilleté**, qui consiste en **deux feuilles de verre** recouvrant fermement **un intercalaire plastique souple** aux propriétés insonorisantes.

b) Le revêtement souple de plancher

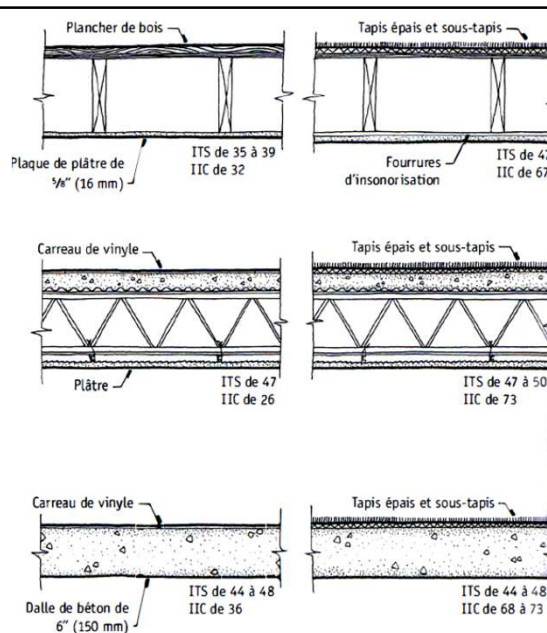
- La résistance à la transmission des sons qu'offre un assemblage de plancher se mesure de deux façons. La résistance à la transmission des sons aériens s'exprime en décibels sous la forme d'un **indice de transmission du son (ITS)**, comme pour les cloisons, alors que la résistance à la transmission des bruits d'impact s'exprime en décibels sous la forme d'un **indice d'isolement aux bruits d'impact (IIC)**.
- Pour obtenir la qualité acoustique désirée, on devra donc concevoir des détails qui assurent la maîtrise de la **transmission** tant des **sons aériens** que des **bruits d'impact**.

Tableau 5.3 Critères d'isolation acoustique pour les assemblages de plancher ou de plafond entre les unités de logement.

	Voisinage très tranquille		Voisinage moyen		Voisinage très bruyant	
	ITS minimal	IIC minimal	ITS minimal	IIC minimal	ITS minimal	IIC minimal
Une chambre au-dessus d'une chambre	55	55	52	52	48	48
Un salon au-dessus d'une chambre	57	60	54	57	50	53
Une cuisine au-dessus d'une chambre	58	65	55	62	52	58
Un chambre au-dessus d'un salon	57	55	54	52	50	48
Un salon au-dessus d'un salon	55	55	52	52	48	48
Une cuisine au-dessus d'un salon	55	60	52	57	48	53
Une salle de bain au-dessus d'une salle de bain	52	52	50	50	48	48

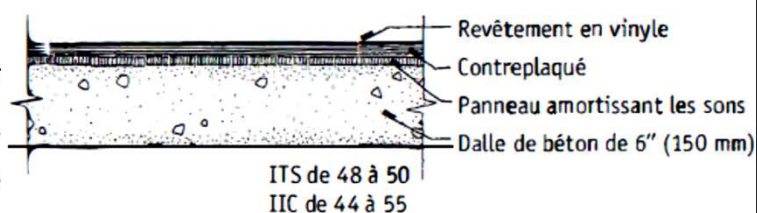
Source: Adaptation d'un document de l'Administration fédérale du logement des États-Unis, «Guide to Airborne, Impact, and Structure Borne Noise Control in Multifamily Dwellings».

- Dans la plupart des situations, la meilleure façon réside dans l'installation d'un **sous-tapis** et d'un **tapis épais** sur la dalle du plancher, qui amortissent également les bruits d'impact des talons.
- On doit toutefois noter que le tapis et le sous-tapis élèvent très peu l'ITS d'un plancher de métal ou de béton.



2 Effet du tapis et du sous-tapis sur divers assemblages de plancher.

- En général, les matériaux de plancher durs, comme les tuiles de céramique, les carreaux de vinyle, les feuilles de vinyle et le bois, engendrent et transmettent très facilement des bruits d'impact.



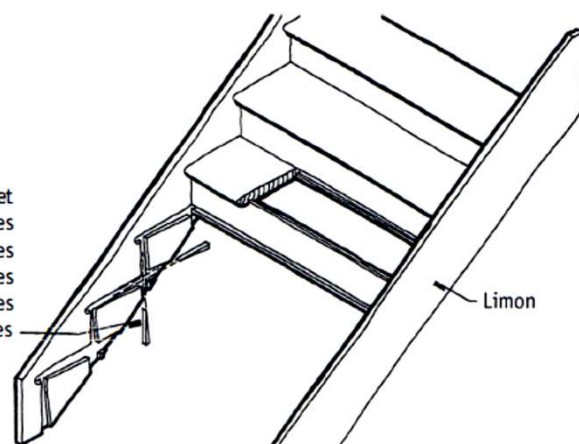
Revêtement souple sur un matériau de plancher dur.

- l'installation de panneaux amortissant les sons, d'un revêtement souple ou d'isolateurs de plancher flottants entre le dessus de la structure du plancher et le dessous de la finition du plancher peut sensiblement amortir ces bruits

c) Les produits amortissant les sons

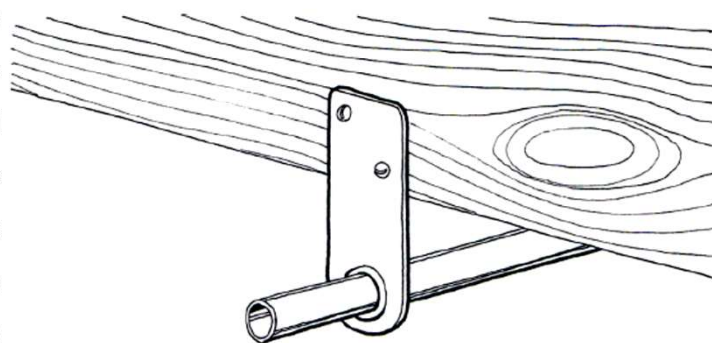
- La conception soignée des détails et un bon entretien peuvent prévenir ou atténuer les craquements, les claquements, les grondements et d'autres bruits structuraux et mécaniques d'un bâtiment.
- Pour bien ajuster les marches et les contremarches d'un escalier de bois préfabriqué avec limons, on utilisera des cales et une colle très résistante aux relâchements et aux craquements.

Cales insérées et collées dans des rainures fuselées sous les marches et derrière les contremarches



Escalier en bois préfabriqué avec limons.

- Les conduites d'eau chaude et les tuyaux de chauffage hydronique se dilatent et se contractent longitudinalement lorsqu'ils se réchauffent et se refroidissent, ce qui cause un frottement contre leurs supports de fixation. L'emploi de supports de fixation en plastique lisse réduit ce frottement et élimine presque complètement les bruits de frottement et de claquement engendrés par des supports de fixation métalliques.



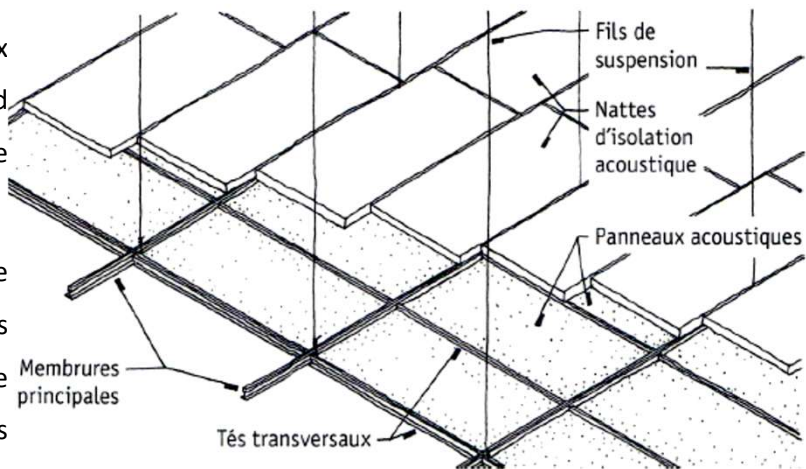
Support de fixation en plastique pour la tuyauterie hydronique.

- On doit procéder à l'isolation acoustique **des moteurs, des pompes, des ventilateurs** et **des autres appareils mécaniques** dans la structure d'un bâtiment, afin de réduire la transmission des bruits originaires de cette structure.
- Il existe sur le marché de nombreux types de monture d'équipement flexible, comportant des **ressorts métalliques** ou des coussinets de caoutchouc.
- On posera des **raccords de conduit flexibles** pour relier les conduits aux ventilateurs.

d) Les surfaces insonorisantes

- Les matériaux de finition épais, poreux et souples absorbent la plupart des sons et les réfléchissent assez peu. Ils sont très utiles pour assurer la tranquillité sonore dans un bâtiment.
- Un tapis et un sous-tapis, des meubles bien rembourrés et des draperies aux fenêtres absorbent les sons et réduisent notablement le niveau sonore dans une pièce.
- Par contre, un tapis sans sous-tapis, des meubles peu rembourrés et des rideaux légers n'absorbent que les très hautes fréquences sonores, de sorte que les bruits de basses ou moyennes fréquences y demeurent un problème.

- Les carreaux et les panneaux insonorisants installés au plafond présentent un large éventail de réduction du bruit.
- Un plafond entièrement fait de carreaux ou de panneaux très absorbants contribue à abaisser le niveau sonore dans des commerces ou des espaces à bureaux bruyants.



Vue du dessus d'un plafond acoustique suspendu.

IV- La tolérance aux mouvements

- Un bâtiment n'est jamais fixe. Ses mouvements, bien qu'ils semblent très peu prononcés, sont extrêmement puissants et peuvent causer des dommages irréparables si le bâtiment n'a pas été conçu pour les tolérer. Le concepteur de détails doit donc tenir compte de différentes sources de mouvement dans un bâtiment.
- Les principales sont les suivantes:
 - 1. Le mouvement thermique** résulte de la dilatation et de la contraction des matériaux de construction qu'engendrent respectivement la hausse et la baisse de la température.

2. Le mouvement dû à l'humidité se produit dans des matériaux poreux tels que le bois, le plâtre, la maçonnerie et le béton.

3. Le mouvement de changement de phase découle d'un changement de l'état physique du matériau.

4. Le mouvement de changement chimique de certains matériaux de construction survient lors de leur durcissement ou de leur vieillissement.

5. Le fléchissement se produit toujours à la suite d'une modification des charges s'exerçant sur un bâtiment.

6. Le fluage est une caractéristique du bois et du béton, qui subissent tous les deux un léger fléchissement permanent durant les premières années de la vie d'un bâtiment, pour ensuite se stabiliser.

7. Le tassement se produit lorsque le sol sous le bâtiment s'infléchit ou s'enfonce sous la charge de celui-ci.

- Les détails prototypes relatifs à la tolérance des mouvements dans un bâtiment sont associés à l'adoption de **plusieurs moyens simples**.
- **Le premier moyen** consiste à fabriquer et à façonner des matériaux de construction de manière à minimiser leur potentiel à produire des mouvements indésirables. Les détails associés sont les suivants:

Le séchage ;

Le bois à fil vertical ;

L'équilibrage des contrefils ;

La surface arrière profilée ;

La fondation sous le seuil de gel

- **Un deuxième moyen** consiste à séparer les éléments du bâtiment dont les mouvements se produisent de diverses façons et à des vitesses différentes. Les détails associés sont les suivants:

Le joint entre la structure et le cloisonnement ;

Le joint d'about

- **Un troisième moyen** consiste à diviser les grandes surfaces d'un bâtiment susceptibles de craquer, de s'écraser ou de gondoler en surfaces suffisamment petites pour que la probabilité de ce genre de défaillances en soit fortement réduite. Les détails associés sont les suivants:

Le joint de dilatation ; Le joint de contrôle ou de retrait ; Le joint de chevauchement

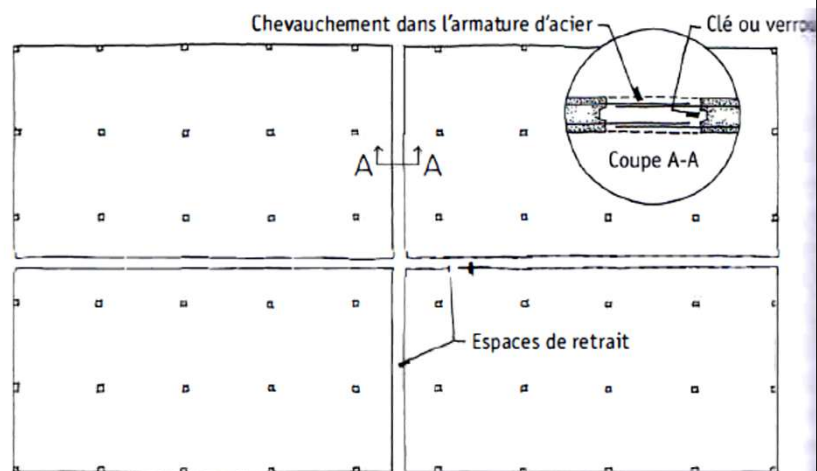
- **Un quatrième et dernier moyen** consiste à diviser un grand bâtiment, surtout si sa géométrie est complexe, en plusieurs bâtiments à la géométrie plus simple, dont la taille et la compacité seront telles qu'on peut raisonnablement s'attendre à ce que chacun réagisse comme une unité lorsque s'exercent de grandes forces comme le tassement des fondations et une accélération d'origine sismique. Le détail associé est le suivant:

Le joint de rupture d'un bâtiment

1) Le séchage

- Avant d'être incorporés à un bâtiment, de nombreux matériaux de construction poreux doivent être séchés un certain temps après leur fabrication.
- Ce séchage leur confère une teneur en humidité d'équilibre et une stabilité dimensionnelle, avant que leur mouvement ne soit restreint par les composants adjacents du bâtiment.

- Lorsqu'on coule de grandes dalles structurales, on peut minimiser les forces de retrait si on coule le béton en plus petites sections à chaque étage du bâtiment et qu'on laisse entre ces sections des espaces de retrait ouverts.



4 Plan d'une grande dalle de béton munie d'espaces de contraction.

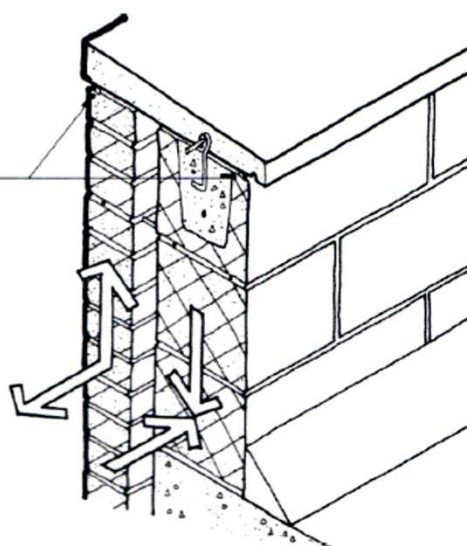
- Lorsqu'on combine des matériaux présentant des directions et des coefficients de mouvements différents, les joints doivent être conçus pour offrir la flexibilité nécessaire.

Le chaperon peut bouger légèrement en raison d'un mouvement différentiel.

Mastics d'étanchéité

Les briques d'argile subissent une légère dilatation.

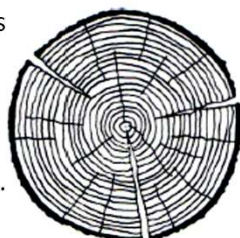
Les blocs de béton subissent une légère contraction.



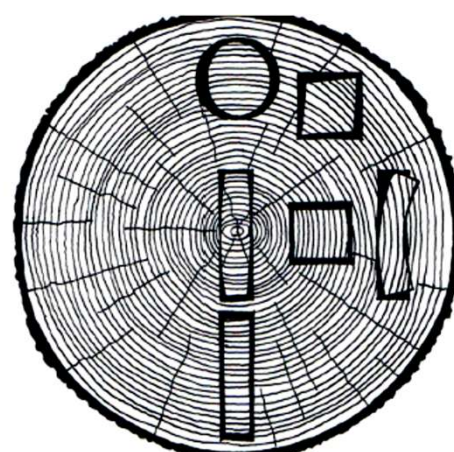
Mouvement différentiel dans un parapet de maçonnerie.

2) Le bois à fil vertical

- Le bois utilisé pour des composants de finition plats doit être scié de façon que les cernes de la bille de bois soient à peu près perpendiculaires par rapport à la surface du panneau.

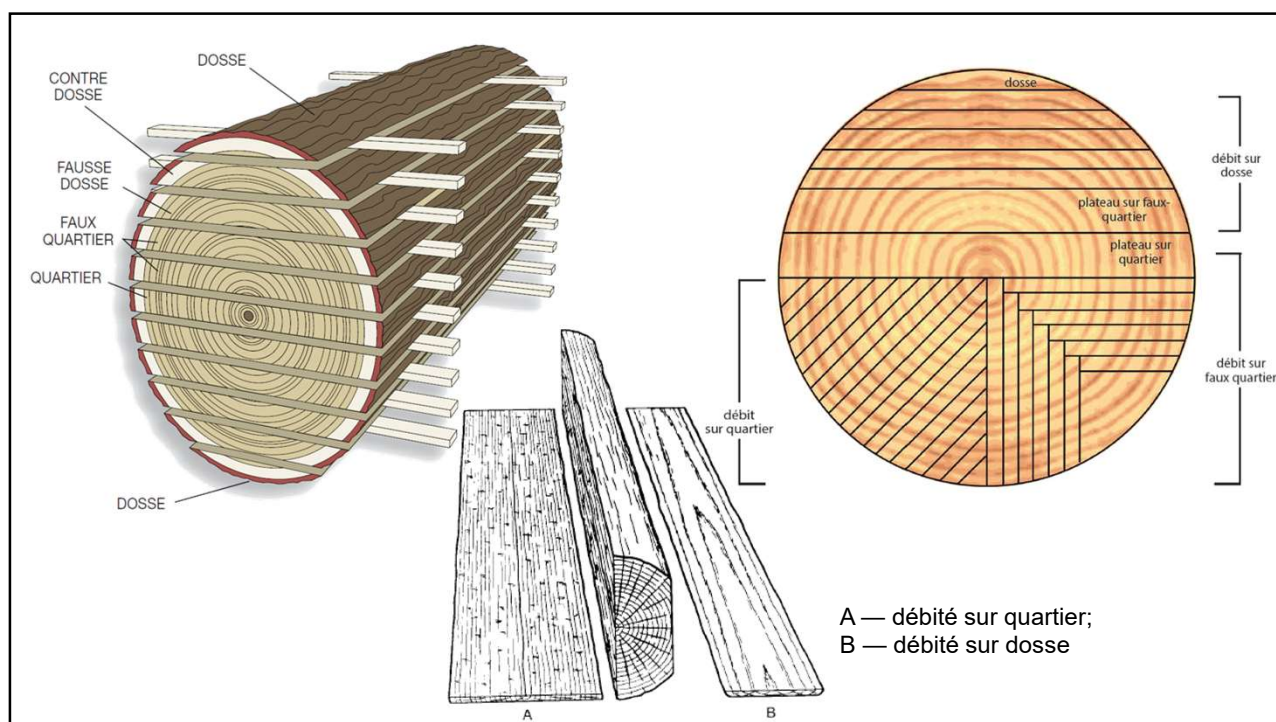


Fendillement

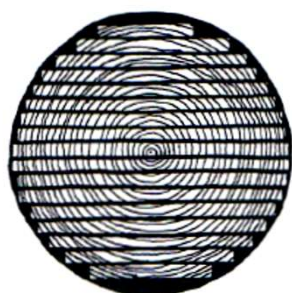


Déformations lors du séchage

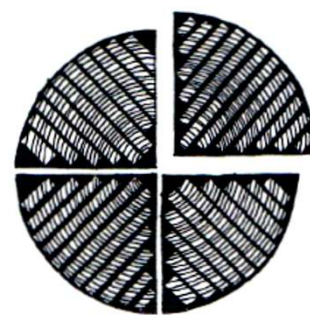
2 Effets possibles du retrait du bois.



- Pour éviter le plus possible les déformations lors du séchage, on découpe les planches et les pièces de bois de façon que la face de chaque planche ou pièce de bois soit approximativement perpendiculaire aux cernes du bois.



La plupart des panneaux de bois débités sur dosse vont probablement se déformer.



Le débitage sur quartier produit des pièces de bois à fil vertical qui se déforment très peu.

- Ce type de découpe est dénommé **débitage sur quartier**, et les pièces de bois ainsi découpées sont souvent qualifiées de pièces de **bois à fil vertical**.

Débit en plots et débit sur quartier.

Le bois à fil vertical s'emploie surtout pour les planchers et la menuiserie intérieure de finition qui doit demeurer plane,

- La plupart des terrasses extérieures sont faites d'un platelage **débité sur dosse**. Si les planches sont posées **l'écorce vers le haut**, elles vont se déformer vers le haut et ainsi retenir l'eau lors d'une averse violente. Il faut donc placer **l'écorce vers le bas**.



Correct: écorce vers le bas

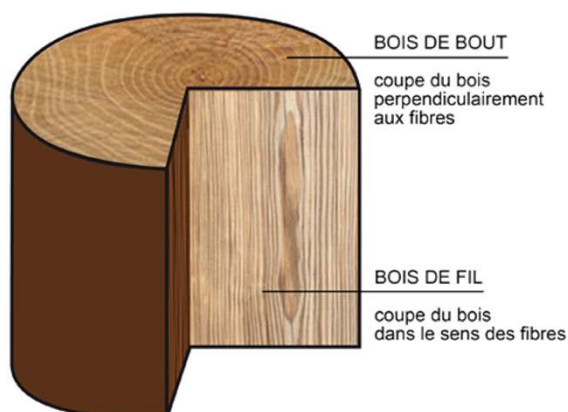


Incorrect: écorce vers le haut

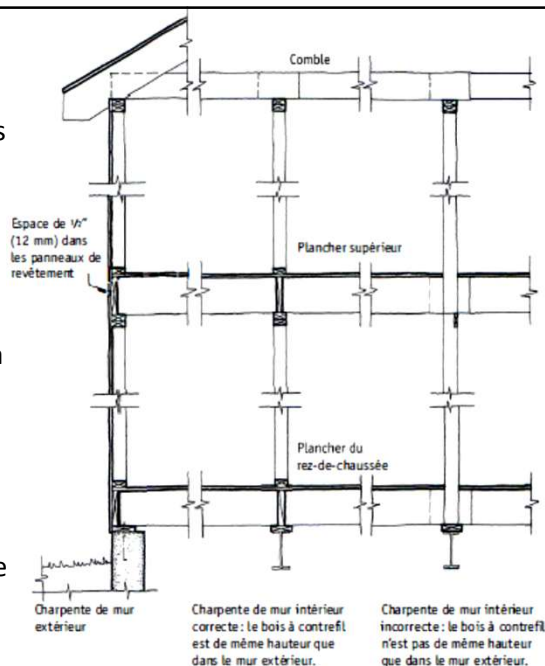
4 Déformation due à la perte de volume d'un platelage débité sur dosse.

3) L'équilibrage des contrefils

- Le bois utilisé pour des composants de finition plats doit être scié de façon que les cernes de la bille de bois soient à peu près perpendiculaires par rapport à la surface du panneau.

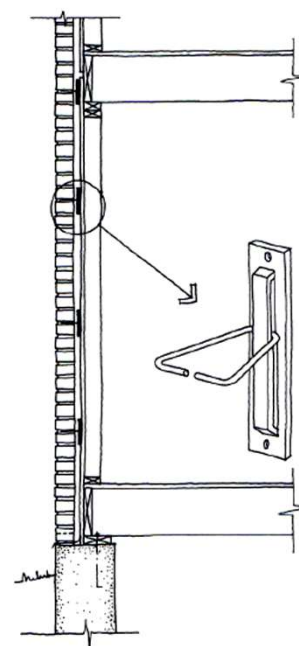


- Le retrait des poteaux sera très petit sur le plan vertical du bâtiment, mais la charpente du plancher, même si ses pièces de bois ont été séchées, va subir une contraction assez prononcée, souvent de 6 à 10 mm par plancher.
- Donc il est important d'utiliser le **même nombre de pièces de bois à contrefil pour chaque étage**, afin que la contraction ne fasse pas bomber les planchers et n'abîme pas les matériaux de finition intérieure. Il est approprié **de laisser un espace d'environ 13 mm** dans les panneaux de revêtement mural à chaque plate-forme de plancher, puisque la plate-forme va beaucoup se contracter, mais pas les panneaux.



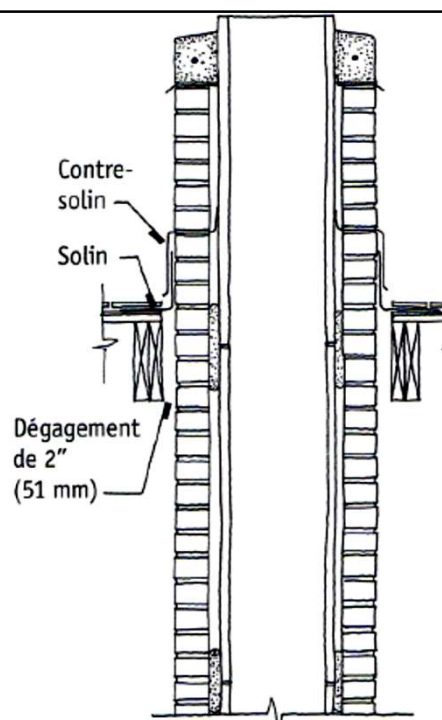
1 Équilibrage du bois à contrefil dans la charpente d'une maison.

- Les éléments de maçonnerie d'un bâtiment en bois, comme la cheminée et les parements extérieurs, se contractent sensiblement moins que la charpente en bois. Les détails des attaches structurales et des solins qui relient le bois et la maçonnerie doivent être conçus pour tolérer le mouvement différentiel. Grâce à une attache de maçonnerie coulissante, la charpente va se contracter sans engendrer de contrainte dans le parement de brique.



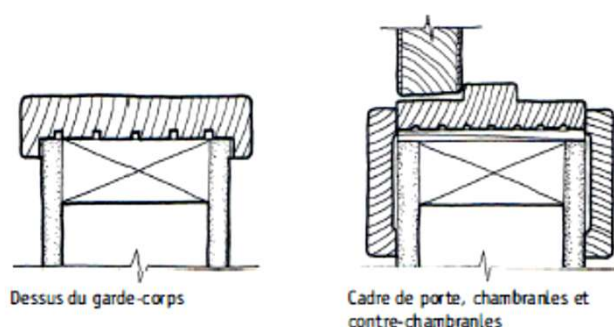
2 Attache coulissante d'un parement de brique.

- Autour d'une cheminée de maçonnerie, les solins et les contre-solins glissent librement afin que le toit puisse baisser d'une fraction de pouce par rapport au briquetage.



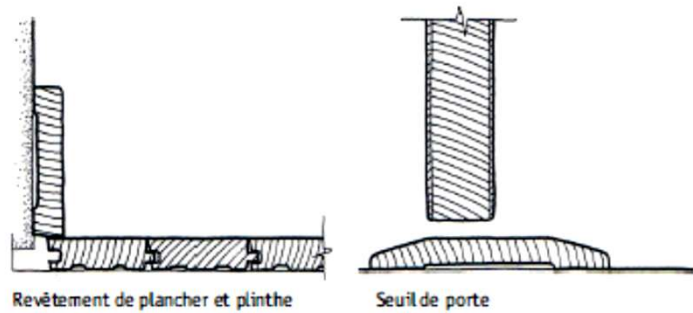
4) La surface arrière profilée

- Les problèmes causés par le bombement de pièces de bois à finition plane peuvent être atténués au moyen d'un profil à surface arrière profilée et d'une couche d'impression appliquée sur le revers de chaque pièce.



- Le bombement d'un panneau de bois résulte du fait que les côtés opposés du panneau subissent une contraction qui n'est pas la même des deux côtés. Plus le panneau est mince, moins la force qu'exerce sur lui, cette différence de contraction est prononcée.

- Il est courant de profiler le revers des pièces de bois planes de la menuiserie intérieure en y pratiquant une ou plusieurs rainures, ce qui réduit l'épaisseur de ces pièces et en amoindrit le bombement.



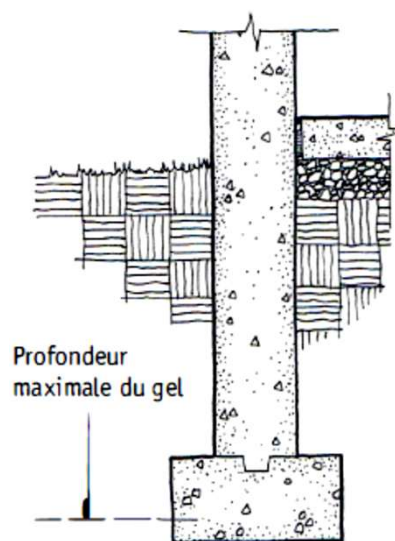
1 Surfaces arrière profilées.

- La présence d'une seule rainure large facilite le rattachement des pièces à une surface plane, parce que seules les deux rives devront toucher à cette surface.

5) La fondation sous le seuil de gel

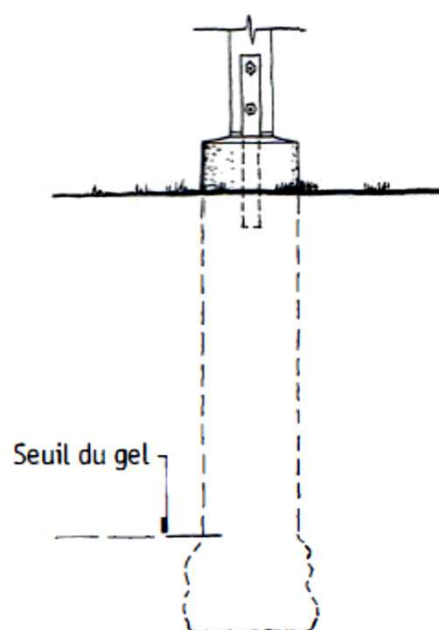
- Le soulèvement causé par le gel est un type de mouvement d'un bâtiment qu'on peut prévenir. Il est occasionné par le gel de l'eau dans le sol sous les fondations du bâtiment.
- L'expansion de l'eau lors de ce changement de phase peut produire un déplacement du sol et soulever légèrement le bâtiment.
- Un soulèvement plus prononcé peut être provoqué par la formation de longs cristaux de glace verticaux sous la fondation, dans certaines conditions de température et d'humidité.

- Les codes du bâtiment exigent généralement que la semelle d'une fondation soit **placée sous le plus profond niveau du sol atteint par le gel** durant les hivers les plus rigoureux.
- On doit consulter le code du bâtiment applicable pour connaître la profondeur de ce niveau



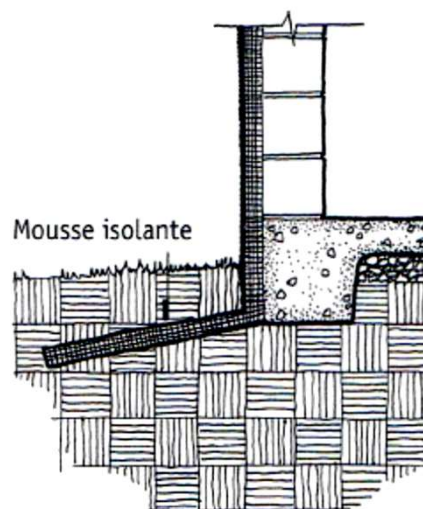
1 Fondation sous le seuil du gel.

- pour la réalisation d'une terrasse, un porche et une petite structure en bois, Le béton utilisé pour les piliers ne doivent pas être coulé directement contre les côtés rugueux des trous creusés, parce que le gel peut provoquer un soulèvement de ces côtés rugueux.
- On emploie un tube lisse en fibre pour couler les poteaux dont les parois sont lisses au-dessus du seuil de gel. De même, on doit couler un mur de fondation dans des coffrages lisses, et non directement contre les côtés de la tranchée.



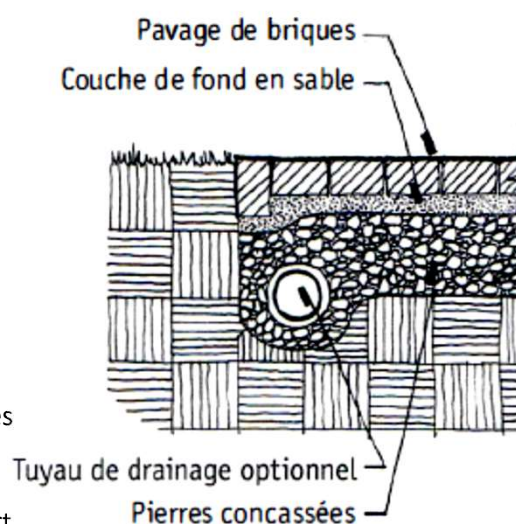
2 Fondation aux côtés lisses.

- Maintenant on autorise la construction de fondations peu profondes selon une méthode novatrice utilisée avec succès depuis des décennies dans les pays nordiques européens au climat froid. Récemment reconnu par le Conseil international des codes (CIC), le système de fondations peu profondes protégées contre le gel comporte une couche extérieure d'isolant en mousse de plastique qui retient la chaleur s'échappant de l'intérieur du bâtiment afin qu'elle puisse réchauffer le sol sous la fondation et l'empêcher de geler.



3 Fondation peu profonde isolée.

- Il n'est pas pratique d'asseoir un pavage extérieur, comme une route, une terrasse ou une allée, sur des fondations plus profondes que le seuil du gel; il doit plutôt porter sur des fondations beaucoup moins profondes. On peut généralement prévenir le soulèvement causé par le gel en plaçant le pavage (béton, asphalte, brique ou pierre) sur une couche épaisse et bien drainée de pierres concassées exemptes de fines particules. La présence d'espaces entre les pierres concassées favorise le drainage de l'eau à l'écart du dessous du pavage et offre aussi un espace d'expansion à l'eau qui gèle dans le sol en dessous.

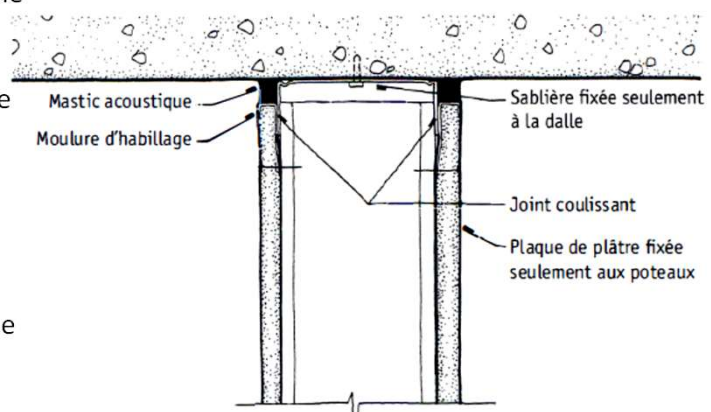


4 Pavage de briques reposant sur du sable.

6) Le joint entre la structure et le cloisonnement

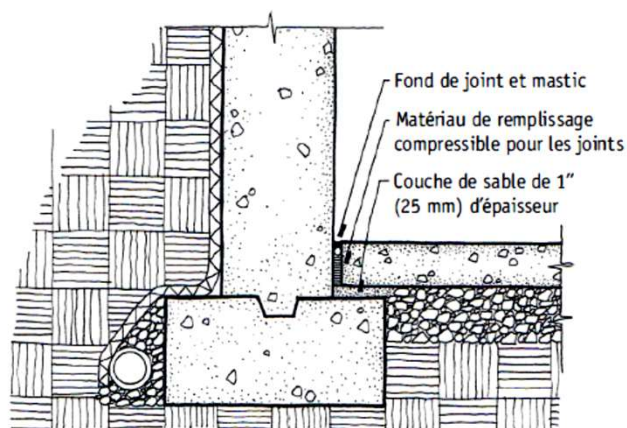
- La structure d'un bâtiment et ses éléments de remplissage ont des capacités structurales différentes et subissent des mouvements différents. Ils doivent donc être assemblés d'une façon qui prenne en compte ces différences.
- Les cloisons intérieures d'un bâtiment ayant une charpente en acier ou en béton ne sont pas assez fortes pour supporter les planchers au-dessus d'elles.

- Si une cloison s'ajuste précisément contre le dessous d'une dalle de plancher, toute flèche de celle-ci, appliquera une charge sur le dessus de la cloison. Il est alors possible que la charpente du bâtiment réagisse de façon imprévue et même dangereuse, et que la cloison se déforme.
- Pour que la cloison n'ait pas à supporter une charge, sa structure ne doit pas s'étendre jusqu'à la dalle de plancher.



1 Joint entre la dalle structurale et le haut d'une cloison.

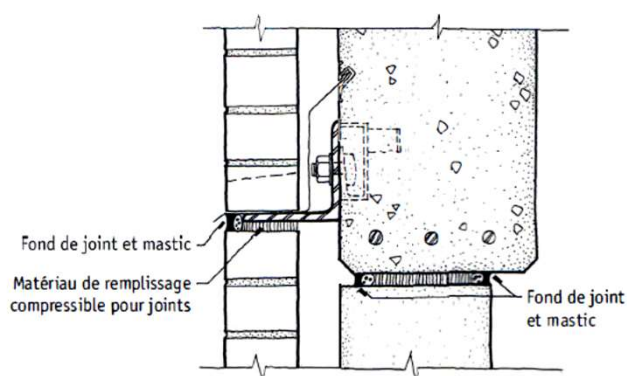
- Contrairement à une dalle de plancher au sous-sol, un mur de sous-sol supporte habituellement une portion du poids du bâtiment au-dessus de lui. Si cette dalle était fermement jointe à ce mur, le moindre tassement des murs de fondation entraînerait le cintrage de la dalle et y ferait apparaître des fissures près de leur surface de jonction. Un simple joint de



2 Joint entre le mur de fondation et la dalle de sous-sol.

- On doit pratiquer un joint similaire autour des colonnes intérieures, là où celles-ci croisent la dalle de plancher.

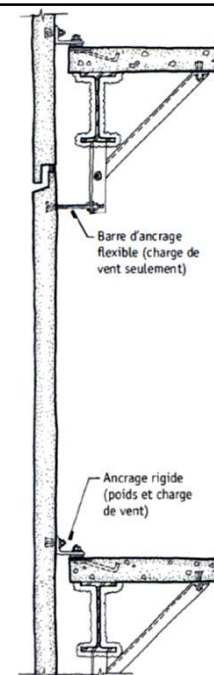
- Un mur-rideau à parement de brique s'érige sur une cornière faite en acier et dissimulée, que soutient la charpente du bâtiment à chaque étage. Le parement est trop mince pour supporter toute charge sauf son propre poids. Si un joint de mortier ordinaire était posé sous la cornière, une légère flèche ou un léger fluage de la charpente ou encore l'expansion du parement auraient pour effet que le poids du bâtiment porterait sur le parement plutôt que sur la charpente.



1 Joint souple du parement de brique.

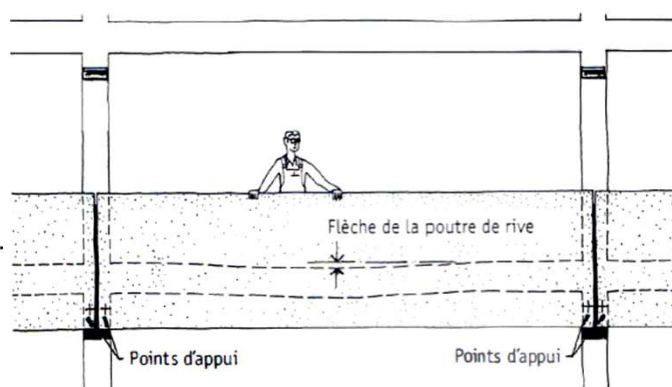
- Les conséquences en seraient désastreuses: le mince parement de brique se déformerait et finirait par s'écrouler. Pour prévenir un tel résultat, **on installe un mastic souple** sous chaque cornière de console ainsi qu'entre le mur de soutènement et la poutre de rive.

- Un parement en béton préfabriqué ou en pierre s'étendant sur tout un étage s'appuie généralement sur la charpente d'un bâtiment, près de sa rive inférieure.
- Par contre, s'il s'appuyait aussi fermement sur la charpente près de sa rive supérieure toute flèche ou tout fluage de la charpente transfèreraient le poids du bâtiment sur le panneau de parement. Une barre d'ancrage flexible soutient le panneau, pour résister à la charge de vent, près de sa rive supérieure et empêche que le poids soit transféré de la charpente au panneau. Plutôt qu'une barre d'ancrage flexible, on peut aussi utiliser une cornière de fixation ayant un trou de boulon à rainures verticales pour permettre un libre mouvement vertical dans la cornière de fixation.



4 Panneaux de parement en béton.

- Les panneaux-allèges d'une travée de largeur doivent s'appuyer sur les colonnes seulement, sans quoi ils seraient exposés aux forces de flexion lorsque la poutre de rive fléchit sous des charges normales.
- Les liaisons entre la charpente et le parement revêtent une importance cruciale. C'est pourquoi les cornières en console et les liaisons des panneaux doivent toujours être conçues en collaboration avec un ingénieur en structure.



5 Panneaux-allèges d'une travée de largeur.